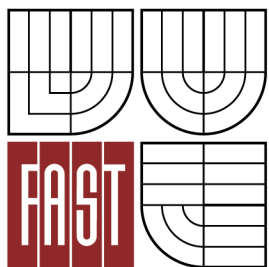




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

STABILIZACE BŘEHŮ NÁDRŽÍ

BANK STABILIZATION OF DAM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. LUKÁŠ MARTINÁT

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. MILOSLAV ŠLEZINGR, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Lukáš Martinát

Název Stabilizace břehů nádrží

Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miloslav Šlezingr, Ph.D.

**Datum zadání
diplomové práce** 31. 3. 2011

**Datum odevzdání
diplomové práce** 13. 1. 2012

V Brně dne 31. 3. 2011

.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Holý, M. Eroze a životní prostředí, Praha 1978
Kratochvíl, J., Stara, V., Přehrady, VUT Brno 1994
Maleňák a kol. Vodní stavby, VUT Brno 2006
Šlezingr, M. Břehová abraze, CERM Brno 2004
Šlezingr, M., Úradníček, L. Vegetační doprovod vodních toků, CERM Brno 2004
Úradníček, L., Šlezingr, M. Stabilita břehů, CERM Brno 2007

Zásady pro vypracování

1. zajištění podkladů - geodetické, geologické, hydrologické, ostatní
2. provedení posouzení současného stavu břehového území
3. zaměření a vykreslení příčných řezů břehovým územím
4. provedení výpočtu abrazní terminanty (stanovení návrhové výšky vlny, náklonu hladiny, střednice vlny)
5. vynesení grafů průběhu hladin a stanovení nejčtenější maximální hladiny
6. návrh břehové stabilizace
7. návrh předsazené stabilizace - vlnolamů

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

1. Hydrotechnické výpočty
2. Průvodní a Technická zpráva
3. Vykresová dokumentace
4. Doklady

.....
doc. Ing. Miloslav Šlezingr, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Cílem tohoto projektu je návrh předsazených vlnolamů na údolní nádrži Brno, oblasti Osada. Tato opatření mají zamezit dalšímu vymílání zeminy na pobřeží, tedy abrazi. Správný návrh spočívá v určení abrazní terminanty A_T , tedy bodu, kde se ústup břehu samovolně zastaví. K tomuto bodu je potřeba zpracovat četnosti hladin v nádrži za 10 let, následné stanovení nejčetnější hladiny $M_{n_{max}}$ a výpočet výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního sruhu V_a .

Klíčová slova

Voda, přehrada, abrazní plošina, četnost výskytu hladin, návrhová výška vlny, opevnění, biotechnická stabilizace, vlnolam

Abstract

The aim of this project is design front breakwaters on the valley dam Brno, area Osada. These precautionaries must obviate another destruction of soil on coast, abrasion. The correct design is depending on a definition of abrasion terminant A_T , it is point where regress of bank stops. We need elaborate counts of water levels in the dam for last ten years, for the definition of that abrasion point. After that follows definition of the most-count water level $M_{n_{max}}$ and definition of a ground elevation bottom of the most highly abrasion crib V_a .

Key words

Water, dam, abrasion platform, count of water levels, desing high of water wave, bunding, biotechnical stabilisation, breakwater

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně, a že jsem uvedl(a) všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 12.1.2012

.....
podpis autora

Bibliografická citace VŠKP

MARTINÁT, Lukáš. *Stabilizace břehů nádrží*. Brno, 2011. 59 s., 12 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Miloslav Šlezingr, Ph.D..

OBSAH:

ÚVOD

1. PRŮVODNÍ ZPRÁVA:

- 1.1. Základní technické údaje
- 1.2. Zeměpisná orientace
- 1.3. Geodetické podklady
- 1.4. Geologické poměry
- 1.5. Hydrogeologické poměry
- 1.6. Hydrologické poměry
 - 1.6.1 Základní hydrologické údaje
 - 1.6.2 N-leté průtoky
 - 1.6.3 M-denní průtoky – ovlivněné
 - 1.6.4 Výpar z nádrže
- 1.7. Říční údolí před stavbou přehrady
- 1.8. Pedologické poměry
 - 1.8.1 Půdní druhy
 - 1.8.2 Půdní typy
- 1.9. Klimatické poměry
 - 1.9.1 Srážkové poměry
 - 1.9.2 Teplotní poměry
 - 1.9.3 Větrné poměry
 - 1.9.4 Zámrazné poměry
- 1.10. Fauna a flora
 - 1.10.1 Zástupci dřevin
 - 1.10.2 Živočichové
- 1.11. Požadavky na odběry
- 1.12. Čistota vod
- 1.13. Lodní doprava
- 1.14. Popis stávajícího stavu
- 1.15. Účel navrhované úpravy

2. TECHNICKÁ ZPRÁVA:

- 2.1. Základní technické údaje
- 2.2. Úvod
- 2.3. Popis stávajícího stavu
- 2.4. Stanovení prognózy ústupu břehové čáry
- 2.5. Vlastní návrh úpravy
 - 1. typ - Gabiony
 - 2. typ - Kámen prolitý betonem
 - 3. typ - Lomový kámen
 - 4. typ - Vodostavební beton
 - 5. typ - Vrbový porost
 - 6. typ - Zápleťový plůtek s kameny, oživený
 - 7. typ - Kůly s kameny, oživený
 - 8. typ - Haťošťerkové válce s kůly, oživený
 - 9. typ - Kulatina zapřená kůly
 - 10. typ - Kůly šachovnicově

3. HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY:

- 3.1. Grafické znázornění modifikované metody stanovení terminanty
- 3.2. Stanovení nejčtenější hladiny - $M_{n_{max}}$
- 3.3. Určení efektivní délky rozběhu větru - L_{ef}
- 3.4. Stanovení návrhové výšky vlny - h_n
- 3.5. Určení hodnoty „nahnání“ hladiny větrem - ΔH
- 3.6. Určení střednice vlny - h_o
- 3.7. Stanovení výšky paty nejvýše položeného abrazního srubu - V_a
- 3.8. Stanovení sklonu abrazní plošiny - α
- 3.9. Stanovení abrazní terminanty A_T a bodu maximálního ústupu břehové čáry - B_T

ZÁVĚR

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

SEZNAM PŘÍLOH

ÚVOD

Zadání tohoto projektu pojednává o opatření abrazních srubů proti vymílání na údolní nádrži v oblasti zvané „Osada“. Ta se vyskytuje na levém břehu přehrady. Projekt se zabývá stanovením tzv. abrazní terminanty, tedy bodu, kde se samovolně zastaví ústup břehu. Dále spočívá navržení různých typů vlnolamů biologického, biotechnického i technického charakteru.

Abraze je vlastně postupné odplavování břehu do nádrže různými vlivy. Jsou to např. vlny nahnané větrem, pohyb hladiny od plavidel, pohyb hladiny způsobený manipulací na hrázi, teplotní změny, pohyby ledu aj.

Tento jev je nežádoucí na jakékoliv nádrži (k abrazi dochází na všech přehradách). Obrušování břehů je spojeno s mnoha negativními poznatky jako zanášení nádrže, znečišťování vody, ohrožení objektů, komunikací a rostlinstva (stromy) na pobřeží, „úbytky“ pozemků v blízkosti nádrže.

K abrazi dochází právě nejvíce v prvních letech provozu nádrže. Časem se obrušování zpomaluje, ovšem pokračuje pořád. Konkrétně na Brněnské přehradě je znám případ, kdy abrazi „ubylo“ 13 metrů pozemku za 13 let. Z tohoto je patrné, že to není zanedbatelný jev, co se důležitosti pro nádrž týče.

Z výše uvedených důvodů se abrazním jevům snažíme předcházet. Možností jak břeh ochránit je celá škála. Nejvhodnějším typem vlnolamů je tzv. biotechnické opatření. Toto opevnění se skládá jak z tuhých součástí (dřevo, kámen), tak i z „živých“ prvků (vrby, zatravnění). V tomto projektu je proveden návrh deseti různých biotechnických, technických a biologických opatření.

VYPRACOVAL:	Bc. Lukáš Martinát	
VEDOUCÍ PRÁCE:	doc. Dr. Ing. Miloslav Šlezingr	
NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE:	STABILIZACE BŘEHŮ NÁDRŽÍ	
ČÁST:	PRŮVODNÍ ZPRÁVA	DATUM 1/2012
		PŘÍLOHA Č. 1

1.1. Základní technické údaje (výškový systém Balt po vyrovnání)

Tok, km: Svratka, km 56,16

VH soustava: Dyjsko-svratecká

Provozovatel: Povodí Moravy, s.p.-závod Dyje

Účel nádrže:

- :akumulace vody pro trvalé zajištění minimálních průtoků
- :zajištění odběru vody pro úpravnu BVaK, a.s. Brno
- :zajištění odběru vody pro závlahy v Brně a pod Brnem
- :zajištění odběru povrchové vody z nádrže a z toku pod nádrží
- :výroba el. energie ve špičkové vodní elektrárně
- :snížení povodňových průtoků
- :rekreace a vodní sporty
- :rybářství, plavba

Nádrž je v provozu od roku 1940

Údaje nádrže:

- stálé nadržení: 7600 mil. m³
- zásobní prostor: 10 800 mil. m³
- ochranný prostor: neovladatelný 2 600 mil. m³
- celkový objem: 21 000 mil. m³
- zatopená plocha: 259 ha

Účinek nádrže:

- Rovnoměrné nalepšení: 3,4 m³/s, Q₁₀₀ ovlivněný: 280 m³/s
- Minimální odtok M_Q: 1,37 m³/s, neškodný odtok: 360 m³/s

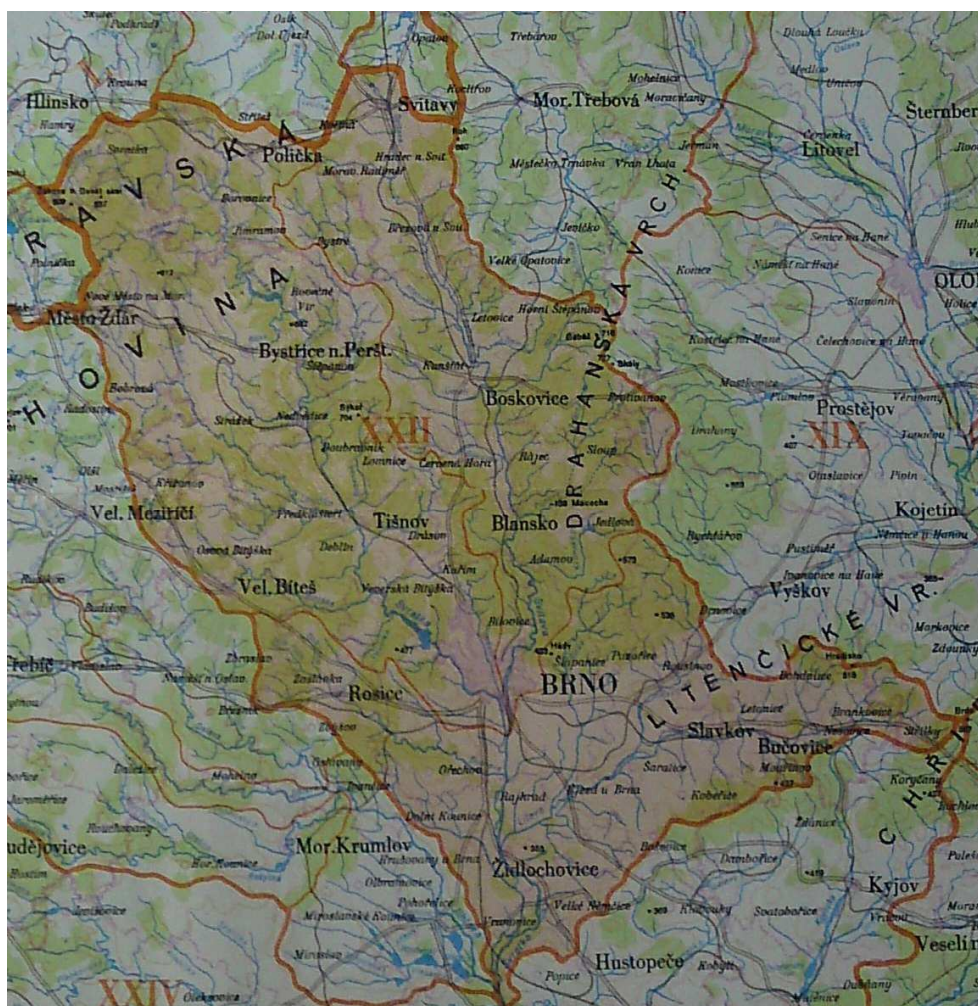
1.2. Zeměpisná orientace

Povodí Svatky, řeky, která je největším levým přítokem řek Dyje, se rozkládá na severu moravské části Českomoravské vysočiny. Odtud ve směru jihovýchodním pokračuje napříč přes Boskovickou brázdu, Brněnský vyvěřelý masív a Moravský kras do Dyjskosvrateckého úvalu. Na severu zasahuje do Svitavské křídlové plošiny a na východě do Dražanské vysočiny, Ždánického lesa a Litenčických vrchů, okrajů Vyškovského úvalu.

Na severu toto povodí hraničí s povodím Labe a s povodím Vltavy v Čechách, na jihu pak s povodím Dyje, na východě s povodím Moravy a na západě s povodím Jihlavy.

Tvar povodí je poměrně pravidelný obdélník s delší stranou ve směru severozápad-jihovýchod a kratší ve směru západ-východ. Poměr největší délky povodí k největší šířce je asi 2:1. Délka povodí je přibližně 115 km, šířka 60 km.

Nejvyšší bod povodí je vrchol Devět skal, s nadmořskou výškou 837 m. Nejnižším bodem je pak ústí Svatky do Dyje, dnes v oblasti střední zdrže Novomlýnských nádrží, s nadmořskou výškou asi 167 m. Délka rozvodnice, nebo-li délka hranice povodí činí asi 402 km. Část rozvodnice, hranice s povodím Labe a Vltavy, je součástí hlavního evropského rozvodí mezi Severním a Černým mořem.



Obr. 1 Povodí Svatky

1.3. Geodetické podklady

- základní mapa ČR 1:10 000
- přehledná situace 1:50 000
- státní mapa odvozená 1: 5 000
- mapové podklady SVP

1.4. Geologické poměry

Geologické poměry v povodí Svatky a Svitavy jsou velmi pestré, jelikož je tu zastoupena celá řada geologických formací s velmi četnými horninami. Tato oblast je složená z několika tektonických jednotek, a to: moldanubikum, moravikum, svrchnokřídová tabule, boskovická brázda, masiv brněnské vyvěřeliny, oblast Moravského krasu a kulmská oblast Dražanské vysočiny. Geologicky jsou zde zastoupeny krystaliniku, masiv brněnské vyvěřeliny, devon, karbon, perm, jura, svrchní křída, neogén, diluvium a aluvium.

Podle rozsahu jednotlivých útvarů a hornin je možno zhruba odhadnout, že povodí Svatky je tvořeno plošně asi ze $\frac{3}{4}$ horninami krystalinika a vyvěřelinami, a přibližně z $\frac{1}{4}$ usazenými horninami.

Důležitým geologickým útvarem v oblasti Brněnské přehrady je boskovická brázda, která se táhne směrem na jihozápad-severoseverovýchod, na čáře přibližně tvořené obcemi Veverské Knínice, Drásov, Lubě, Skalice, Vranovice – takže protíná napříč skoro celé povodí. V jižní části je šířka brázdy asi 3 km, k severu se postupně rozšiřuje až na 12 km. Boskovická brázda, jako tektonická propadlina, je vyplněna především permskými sedimenty, dále pak v menší míře sedimenty svrchnokřídovými, miocenními a čtvrtohorními.

Neogenní sedimenty jsou uloženy hlavně v širším okolí Brna, dále v jižní a zejména pak v severní části boskovické brázdy. Tyto sedimenty vyplňují také dna koryt Svatky a Svitavy a ukazují na předneogenní stáří koryt uvedených řek.

Diluviální usazeniny pokrývají v dolním povodí Svatky velké oblasti a rozšířeny jsou zejména v úvalu Vyškovském, v širším okolí Brna a podél Svatky. Z hornin jsou tu zastoupeny hlavně spraše, sprašové hlíny a štěrkové terasy. Nejstaršími sedimenty jsou zde štěrkové terasy, kryjící různé plochy hlavně na pravém břehu Svatky. Dále na soutoku Svatky a Litavy a na středním toku Litavy. Tyto štěrky jsou kryty většinou okrově žlutými vápnitými sprašemi ve vrstvách o mocnosti 5-20 m. Bezápenné kryty se zde nachází pouze v omezené míře.

Holocenní sedimenty představují nejmladší náplavy podél hlavních toků. Tyto náplavy jsou na bázi štěrků a písků.

V blízkosti Brněnské přehrady se vyskytují nebo vyskytovaly také relativně vydatná naleziště rud. Například železná ruda byla v minulosti těžena v okolí Lažánek, Šmelcovny aj. Barevné rudy byly těženy v okolí Šmelcovny, Veverské Bitýšky a u Tišnova. Byly to hlavně rudy zinku, olova, mědi, arsenu a antimonu. Další užiték nerosty, které se těžily v okolí přehrady jsou např. kaolín, baryt aj.

Petrografická rozmanitost a bohatost podmiňuje také časté výskyty užitečných hornin. Ty jsou a byly těženy a užívány v různých průmyslových odvětvích. Jsou jimi například diorit, diabas, mramory a vápence.

1.5. Hydrogeologické poměry

Povodí Svratky je vlivem geologické stavby chudé na podzemní vody. Zhruba polovina celého povodí je kryta horninami s puklinovými podzemními vodami, malých až nepatrných vydatností, asi čtvrtina povodí vykazuje vydatnější puklinové vody a zbytek povodí je tvořen hlavně oblastmi vodami krasovými a podzemními artézskými.

Horniny krystalinika, hydrologicky chudé, kryjí prakticky celou západní plošinu povodí a jsou tvořeny převážně rulami, svory, fylity aj. Tyto horniny jsou pevné s nepatrnou pórovitostí, takže jejich nasákavost je velmi malá. Také zvětraliny krystalických břidlic jsou většinou lehčího rázu s menší jímovitostí. Poměrně komplikovaná tektonika území krystalinika podmiňuje četný vznik velmi hlubokých trhlin a puklin, do nichž se pak stahuje okolní voda a tím je ochuzen výskyt podzemní vody. Tyto puklinové podzemní vody jsou rozšířeny hlavně v jižní a jihovýchodní části povodí.

1.6. Hydrologické poměry

Všechny hydrologické údaje byly převzaty z Manipulačního řádu pro vodní dílo Brno-Kníničky. Tyto údaje byly vypracovány a ověřeny Hydrometeorologickým ústavem Praha – hydrologickým střediskem v Brně dne 24.10.1984, údaje byly naposledy revidovány dne 15.9.1998.

1.6.1 Základní hydrologické údaje:

Tok: Svratka	Profil: Veverská Bítýška	Profil: Brno-Poříčí
Dlouhodobý průměrný roční odtok	7,96 m ³ /s	7,68 m ³ /s
Průměrná roční srážka	653 mm	643 mm
Specifický odtok	5,38 l/s/km ²	4,96 l/s/km ²
Plocha povodí	1 480,17 km ²	1 637,68 km ²
Číslo hydrologického pořadí	4-15-01-141	4-15-01-153

1.6.2 N-leté průtoky:

N-let	Profil hráz v.d. Brno (m ³ /s)	Profil Brno – Poříčí (m ³ /s)
Q ₁	68	35
Q ₂	96	96
Q ₅	144	144
Q ₁₀	183	183
Q ₂₀	228	228
Q ₅₀	285	280
Q ₁₀₀	335	323
Q ₁₀₀₀	510	505
Q _{10 000}	641	621

1.6.3 M-denní průtoky

M-dní	Veverská Bitýška (m ³ /s)	Brno – Poříčí (m ³ /s)
Q ₃₀	17,7	18,8
Q ₉₀	8,69	8,55
Q ₁₈₀	4,86	4,46
Q ₂₇₀	3,16	2,85
Q ₃₃₀	1,91	1,84
Q ₃₅₅	1,16	1,26
Q ₃₆₄	0,359	0,82

1.6.4 Výpar z nádrže

Zatopená plocha cca 233 ha při nadmořské výšce 230,00 m n.m. činí výpar 705 mm/rok.

Měsíc	% ročního výparu	výpar			
		mm/měsíc	m ³ /měsíc	m ³ /den	l/s
leden	1	7	16 445	530	6
únor	2	14	32 890	1 174	14
březen	6	42	98 670	3 182	37
duben	9	63	148 006	4 933	57
květen	12	85	197 341	6 365	74
červen	14	99	230 231	7 674	89
červenec	16	113	263 122	8 487	98
srpen	15	106	246 677	7 957	92
září	11	78	180 896	6 029	70
říjen	7	49	115 115	3 713	43
listopad	5	35	82 225	2 740	32
prosinec	2	14	32 890	1 060	12

Řeka Svratka pramení na jihozápadním úbočí Žákovy hory ve výšce cca 780 m n.m. výtokem z tzv. "Černého bahna". Od pramene dále odtéká směrem severovýchodním, horským žlebem, obtéká Žákovu horu a dále protéká obcí Svratka, po které dostala řeka své jméno. Pod obcí dále teče na jihovýchod u obce Mílov se prudce obrací na severovýchod a pod soutokem s Bílým potokem míří na jihovýchod.

1.7. Říční údolí před stavbou přehrady

Prvním a nedůležitějším krokem před zahájením výstavby bylo vybrat nejvhodnější profil na říčním toku. Pro zakládání přehradních hrází je na řece Svratce nad jejím soutokem se Svitavou spousta vhodných profilů. Jedná se o říční údolí se šířkou ve dně většinou 100-200 m. Toto údolí je sevřeno relativně příkrými svahy a místy dochází k zúžení dna na pár desítek metrů, což je z morfologického hlediska vyhovující. Těmito lokalitami jsou např. Borovnice, profil nad Veverskou Bitýškou, u Panáčkovských skal, nad Komínem, Kníničky.

Naopak pod soutokem se Svitavou se nenachází už žádný vyloženě vhodný profil pro výstavbu hráze. Svratka zde až po zaústění do Dyje ve střední zdrži Novomlýnských nádrží, má vyloženě charakter nížinného toku s malým spádem a protéká rovinným územím.

Důležitým aspektem byl také stávající stav využívání vybraných lokalit. Například husté osídlení nebo náročné provozy znemožňují navrhnout hráz na jinak morfologicky vhodných lokalitách. Vyvolané investice potom mohou přesáhnout předpokládaný přínos díla. Také masový nesouhlas obyvatel může být velkým problémem v prosazení výstavby na jinak vhodné lokalitě. Z těchto důvodů byla například opuštěna varianta Kamenný mlýn či lokalita v Komín+ u Ruského vrchu.

Dalším krokem po výběru vhodné lokality je nutno posoudit budoucí zátopu. Ta je dána navrženou výškou hráze. V tomto konkrétním případě údolní nádrže Brno, se oblast zátopy jevila jako výjimečně vhodná. Největší vyvolaná investice byla přesídlení obce Kníničky.

Náhrady za ostatní pozemky a nemovitosti a ušlý zisk byly poskytnuty buď formou finančního odškodnění či jinak.

V oblasti předpokládané zátopy se tedy nenacházela ve větší rozloze ani zvláště cenná půda, neprobíhala významnější těžba nerostných surovin a nenacházely se neprůmyslové podniky. Neležely zde ani cenné historické památky, které lze v okolí dnešní přehrady spatřit (hrad Veveří, románská kaple Matky Boží nedaleko tohoto hradu). Zátopou neměl být dotčen ani komplex jehličnato-listnatých lesů Veverské Bitýšky a Kuřimi.

1.8. Pedologické poměry

1.8.1 Půdní druhy

Nejčtenější půdy v povodí Svratky jsou hlinité s obsahem jílnatých částic mezi 20-45%, v menší míře půdy těžké s obsahem jílu nad 45%, půdy vlhké s obsahem jílu pod 20% se zde vyskytují nejméně.

Půdy v okolí nádrže jsou nejčastěji právě půdy hlinité. Ty jsou ze zemědělského hlediska nejlepší, vykazují dobré fyzikální vlastnosti a snadnou zpracovatelnost.

1.8.2 Půdní typy

Nejčastějšími půdami v okolí nádrže jsou půdy aluviální, ty pokrývají polohy podél vodních toků a jsou různého charakteru.

Další jsou půdy podzolové na permských pískovcích a břidlicích, ty jsou využívány hlavně zemědělsky a jsou částečně kryty lesními porosty.

1.9. Klimatické poměry

Povodí Svratky se nachází v pásmu, které je ovlivněno oceánským podnebím, to se vyznačuje vyrovnanou teplotou v průběhu roku a mírnými zimami. Dále je toto pásmo ovlivněno i kontinentálním podnebím, ty se naopak vyznačují velkými rozdíly teplot v průběhu roku, malou vlhkostí a menším množstvím srážek.

1.9.1 Srážkové poměry

Srážkové gradienty na 100 m nadmořské výšky jsou nižší, než se obecně udává, to znamená nedostatek srážek v celém povodí. Srážky přibývají po směru na severozápad, také s nadmořskou výškou a se zalesněním.

Nejmenší srážky jsou v průběhu roku v únoru a září, největší naopak v červnu a červenci. Počet dnů se srážkami se pohybuje od 120 do 160.

Sněživých dnů bývá v této lokalitě mezi 15 a 65. Oblačnost je v intervalu 4,7-7,3. Sluneční svit činí až 1900 hodin za rok.

1.9.2 Teplotní poměry

Počet dní v roce, kdy je teplota menší než 0°C se pohybuje v intervalu 61 až 102 dní. Vegetační období zde začíná v březnu a končí v listopadu. Trvá 197 až 234 dnů. Je to doba, kdy průměrná teplota překonává 5°C.

1.9.3 Větrné poměry

V povodí Svratky působí 4 typy větrných proudů. Jsou to: severozápadní (námi zkoumaný pro oblast Rokle), západní, jihovýchodní a mírně také jižní. Rychlost větru dosahuje maxima na jaře, minima pak v létě. Jeho průměrná hodnota činí 3,2 m/s.

1.9.4 Zámrzové poměry

Ledová pokrývka se začíná tvořit v první polovině listopadu a trvá až do konce března. Tyto jevy trvají průměrně 59 dní v roce. Souvislá ledová pokrývka trvá průměrně 38 dní. Obvykle bývá tloušťka ledové pokrývky asi 35 cm.

1.10. Fauna a flora

Lesy v okolí ú.n. Brno byly z velké části přeměněny umělou výsadbou z lesů listnatých na lesy jehličnaté. Ne však zcela, to znamená, že dnes zde najdeme lesy obojího druhu.

1.10.1 Zástupci dřevin

Z listnatých stromů se zde nejčastěji vyskytují: Dub zimní (*Quercus petraea*), Buk lesní (*Fagus sylvatica*), Habr obecný (*Carpinus betulus*)

Z jehličnatých stromů jsou to: Borovice černá (*Pinus nigra*), Smrk ztepilý (*Picea abies*)

1.10.2 Živočichové

Hlavní zástupci živočichů v okolí nádrže jsou ptáci. Silné kolísání hladiny a strmé svahy brání jejich hnízdění na nádrži. Ptáci vyskytující se zde: labuť velká, slípka zelenonohá, břehule říční, ledňáček říční (jen výjimečně), dále pak kachny divoké, raci chechtaví, kormoráni velcí, orlovni říční, volavky popelavé.

Dalším významným zástupcem živočichů v nádrži jsou ryby. Složení ryb je silně ovlivněno rybářstvím. Nejčtenější druhy: Kapr obecný, cejn silný. Z původních druhů potom: cejn velký, cejnek malý, plotice obecná, lín obecný, štika, okoun a bolen.

1.11. Požadavky na odběry

Nakládání s vodou v oblasti nádrže má několik odběratelů. Nejvýznamnější je Povodí Moravy s.p., Brno. Ten má povolení na akumulaci a vzdouvání vody na řece Svatce. Dalším významným odběratelem je Hydročez a.s., který má povolení pro odběr vody pro vodní elektrárnu Brno, za účelem energetického využití. Elektrárna Brno-Kníničky disponuje jedním vertikálním turbosoustrojím s Kaplanovou turbínou. Turbína pracuje na optimální hltlosti 17-18 m³/s (max. 22 m³/s). Instalovaný výkon je při maximálním spádu 3100 kW. Dalším odběratelem je město Brno, pro vodovodní systém, s maximálním povoleným odběrem 16 000 m³/rok. Toto se týká konkrétně úpravny povrchových vod v Brně-Pisárkách, která v dnešní době funguje už pouze jako záložní zdroj pitné vody.

Dříve byl odběratelem také bývalý areál VUT Brno v Kníničkách. Maximální množství odběru byl stanoven na 600 l/s. Odběry se realizovaly pro modelování hydraulických jevů v laboratořích vodních staveb VUT.

1.12. Čistota vod

Kolem nádrže je stanoveno ochranné pásmo, které kopíruje vrstevnici 232,00 m n.m. o šířce průměrně 50 m. V ochranném pásmu je zakázáno zemědělství, stavba budov, vypouštění odpadních vod a parkování vozidel.

Kvalita vody na ú.n. Brno je silně postižena velkým počtem sinic, ty způsobují intenzivní vodní květ. Největší problém květu je toxicita. Ta je závislá na různých podmínkách v nádrži, jako obsah dusíku a fosforu, vysoké teploty, hodnoty pH. Množství těchto látek ovlivňuje množství sinic a tudíž znečištění vody v nádrži.

1.13. Lodní doprava

O záměru využít vodní hladinu budoucí nádrže pro rekreační plavbu bylo rozhodnuto ještě dříve, než bylo vodní dílo dokončeno. V roce 1937 bylo požádáno tehdejší Ředitelství lodní dopravy v Praze o udělení koncese k provozu lodní dopravy motorovými loděmi a k provozu půjčovny loďek městem Brnem.

Přestože byly dojednány podmínky pro zahájení plavby, Německá okupace plány Společnosti brněnských elektrických pouličních drah, jako provozovatele, zhatila. I přesto se podařilo ke konci války dopravit z Německa do Brna dvě motorové lodě, které však byly při bojích značně poničeny. Nakonec se tato plavidla podařilo zprovoznit a byla slavnostně spuštěna na vodní hladinu v roce 1946. Dostala jména Morava a Brno. Každá z lodí měla kapacitu 90 cestujících. K těmto dvěma lodím přibyl ještě motorový člun pro přepravu 18 cestujících jménem Svratka.

Zájem o tuto atrakci byl nebývalý. Slavnostního zahájení se zúčastnily stovky návštěvníků z Brna i Prahy. Zájem o plavbu pak dále stoupal den co den. První okruh měřil 6300 m v jednom směru a vedl z hlavního přístaviště v Bystrci na hrad Veveří.

V roce 1951 byla dostavěna tramvajová trať do starého Bystrce a tím se nádrž stala opět dosažitelnější a stávající lodní park nezvládal nápor cestujících. Nebylo výjimkou, že se dostalo pouze na cestující s předchozími objednávkami lístků na loď. Proto bylo rozhodnuto, že se vybudují další, modernější a velkokapacitní lodě.

To mělo za následek vybudování dvoupalubové lodi přímo v loděnici na přehradě v roce 1953. Tato loď měla kapacitu 350 cestujících a dostala jméno Praha. Dalšími loděmi v pořadí byly v roce 1955 loď Moskva a v roce 1956 pak loď jménem Bratislava.

V této době nejvíce vzkvétala výstavba rekreačních objektů v okolí přehrady, zejména v oblastech Rakovec, Kozí Horka, Obora, Rokle, Jelenice, Osada a Sokolské koupaliště. Tím vznikly větší nároky na služby, potřeba turistických tras a tím zásah do skladby lodní flotily. Pro nízkou obsaditelnost i zastarání byly následně v padesátých letech vyřazeny z provozu nejstarší brněnské lodě Morava a Brno. Odstavení těchto lodí mělo za následek stavbu čtvrté velkokapacitní dvoupalubové lodi v roce 1961. Tato byla pokřtěna jménem Kyjev.

Od spuštění této lodi na hladinu Brněnské přehrady v roce 1961 už nedošlo k výrazným změnám. Dopravu zajišťovaly jednopalubové lodi Úderník, Pionýr a Mír a již zmiňované dvoupalubové lodě Praha, Moskva, Bratislava a Kyjev. Celková obsaditelnost tohoto parku byla až 1500 osob.

Veřejná lodní doprava je provozována od dubna do října. Pro plavbu v nádrži platí následující pravidla: Pro malá plavidla - minimální hladina 225,00 m n.m.
-maximální hladina 230,50 m n.m.

Pro plavbu osobní lodní dopravy platí zákaz plavby po celé nádrži

-při kótě nižší než 224,00 m n.m.

-při kótě vyšší než 230,05 m n.m

Ve vzdálenosti asi 100 m od hráze je vyznačeno bójemi bezpečnostní pásmo, za kterými platí zákaz koupání, lov ryb a lodní doprava.

Plavba plavidel se spalovacími motory je až na výjimky zakázána

Obecně o oblasti Osada

Jde o hojně využívanou část břehu za Sokolským koupalištěm, v délce asi 1,5 km. Přístup k vodě je místy upravený a tedy i relativně vhodný pro rekreaci. V blízkosti se nachází množství stánků s občerstvením, travnatá pláž s pískovišti a lavičkami. V blízkosti je také autokemp a množství chat a chat. Ty se nacházejí v zalesněných kopcích okolo. Ty první byly budovány již před napouštěním nádrže.

1.14. Popis stávajícího stavu

Řešená oblast „Osada“ se nachází v rekreačně využívané lesní trati. Porost je zde zastoupen hlavně hustými lesy.

Materiál na pobřeží je tvořen zahliněnými štěrkopísky, horní vrstva sprašovými hlínami, vrstva lesní půdy je hluboká asi 0,3 m. Vyskytuje se na vrcholu abrazních srubů

Oblast Osada je poměrně výrazně zasažena abrazí, které v horních částech tvoří převisy držíci pouze díky obnaženým kořenům na nich rostoucích stromů. Abrazní sruby se zde dosahují výšky od 0,5 do 5 metrů. Abrazní plošina místy silně zarostena vrbovým porostem, při nižších vodních stavech je možno celou oblast obejít po této plošině.



Obr.2 Pohled z abrazní plošiny Osada směrem na Bystrc

1.15. Účel navrhované úpravy

Cílem tohoto projektu je navrhnout vhodné typy vlnolamů a zamezit tak ústupu břehové čáry. Ten je nežádoucí z důvodu sesuvů břehů, přepisů, odplavování zeminy v řádech desítek až stovek m³ ročně. Tyto sesuvy ohrožují bezpečí lidí, budov nebo komunikací stojících na břehu nádrže.

K tomuto dochází vinou plošného obrušování dna a břehů. Vznik těchto jevů má mnoho faktorů, hlavním je vlnění a pohyb hladiny vyvolaného větrem. Dalším faktorem je manipulace s úrovní hladiny nebo plavbou plavidel. Svou roli hraje také geologické podloží, skladba porostů a klimatické jevy.

V oblasti Osada nelze navrhnout ani realizovat stabilizace břehů, které by zasáhly přímo do abrazních srubů. Tyto sruby jsou totiž chráněnou krajinnou památkou. Proto se zde jako ideální varianta nabízí předsazené vlnolamy, které jsou ve velké většině zatopené vodou a nezničí tedy estetiku daného krajinného prvku.



Obr. 3 Abrazní srub

VYPRACOVAL:	Bc. Lukáš Martinát	
VEDOUcí PRÁCE:	doc. Dr. Ing. Miloslav Šlezingr	
NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE:	STABILIZACE BŘEHŮ NÁDRŽÍ	
ČÁST:	TECHNICKÁ ZPRÁVA	DATUM 1/2012 PŘÍLOHA Č. 2

2.1. Základní technické údaje (výškový systém Balt po vyrovnání)

Tok, km: Svratka, km 56,16

VH soustava: Dyjsko-svratecká

Provozovatel: Povodí Moravy, s.p.-závod Dyje

Účel nádrže:

- :akumulace vody pro trvalé zajištění minimálních průtoků
- :zajištění odběru vody pro úpravnu BVaK, a.s. Brno
- :zajištění odběru vody pro závlahy v Brně a pod Brnem
- :zajištění odběru povrchové vody z nádrže a z toku pod nádrží
- :výroba el. energie ve špičkové vodní elektrárně
- :snížení povodňových průtoků
- :rekreace a vodní sporty
- :rybářství, plavba

Nádrž je v provozu od roku 1940

Údaje nádrže:

- stálé nadržení: 7600 mil. m³
- zásobní prostor: 10 800 mil. m³
- ochranný prostor: neovladatelný 2 600 mil. m³
- celkový objem: 21 000 mil. m³
- zatopená plocha: 259 ha

Účinek nádrže:

- Rovnoměrné nalepšení: 3,4 m³/s, Q₁₀₀ ovlivněný: 280 m³/s
- Minimální odtok M_Q: 1,37 m³/s, neškodný odtok: 360 m³/s

2.2. Úvod

Cíle projektu:

1. Stanovení prognózy ústupu břehové čáry na nejvýrazněji poškozené části břehů ú.n. Brno, oblast Osada
2. Navrhnout vlnolamy pro ochranu poškozených břehů v oblasti Osada

Po stanovení prognózy ústupu břehové čáry následuje návrh vhodného ochranného opatření a tím tomuto ústupu zabránit.

Podklady nutné pro řešení tohoto problému jsou mapy, konkrétně přehledná mapa oblasti v měřítku 1:50 000, dále základní mapa České republiky v měřítku 1:10 000. Dalšími podklady, využitými při tomto projektu byly denní měření úrovně hladiny v údolní nádrži Brno za interval deseti let, a to 1988-1997, a dále podrobné geodetické zaměření příčných profilů ve sledované lokalitě. Toto zaměření jsme provedli v rámci výuky v terénu na VUT FAST Brno, na jaře roku 2010. V této době byla také pořízena fotodokumentace.

Fotodokumentace-červen 2010:



Obr. 1 Pohled na abrazní plošinu



Obr. 2 Abrazní plošina



Obr.3 Převis na abrazním srubu

Břehová abraze je plošné obrušování podkladu (dna i břehů) pohybem vody spojené s přemísťováním a ukládáním uvolněného materiálu. Vznik a rozvoj abraze má za důsledek mnoho faktorů, a to vlnění způsobené větrem (eolické), kolísání hladiny v nádrži, manipulace s hladinou, účinky mrazu a tání, vlnění od plavidel, vliv průsaku vody půdním horizontem a antropogenní vlivy.

2.3. Popis stávajícího stavu

Zájmová oblast Osada se nachází na levém břehu nádrže Brno. V této oblasti jsou sruby o výšce cca 1-5 metrů. Délka řešeného úseku činí asi 500 metrů. Břeh je zde tvořen rozrušeným skalním podkladem, místy i sprašemi a lesní půdou. Břeh mírně stabilizují vzrostlé stromy svými kořeny, jelikož zde břehová část přechází přímo v lesní trať. Voda ovšem vymílá zeminu pod stromy a obnažuje tak kořeny dřevin (viz. foto).



Obr. 4 Převís na nejvyšším srubu

Z výsledku zpracovaného posudku jasně vyplývá, že postup abraze by byl bez zákroku (ochrany) dále nevyhnutelný. Tím by byla ohrožena nejen flóra na pobřeží (stromy, keře) ale časem také objekty.

2.4. Stanovení prognózy ústupu břehové čáry

Ke stanovení prognózy ústupu břehové čáry byla použita modifikovaná metoda stanovení abrazní terminanty. K užití této metody potřebujeme znát úroveň nejčtetnější hladiny Mn_{max} , návrhovou výšku vlny h_n , výšku nahnání hladiny větrem ΔH , střednici vlny h_0 a sklon abrazní plošiny α' . Abrazní terminanta je nejzažší bod, kde postup abraze samovolně zastaví. Pro stanovení prognózy ústupu břehové čáry je nutné určit nadmořskou výšku paty nejdříve položeného abrazního srubu V_a . Poté určíme výškovou úroveň abrazní terminanty A_T . Následně vyneseme body nejzažšího ústupu břehové čáry B_T .

Podrobně je tento postup vysvětlen v části hydrotechnické výpočty.



Obr. 5 Metoda měření sklonu abrazní plošiny

2.5. Vlastní návrh úpravy

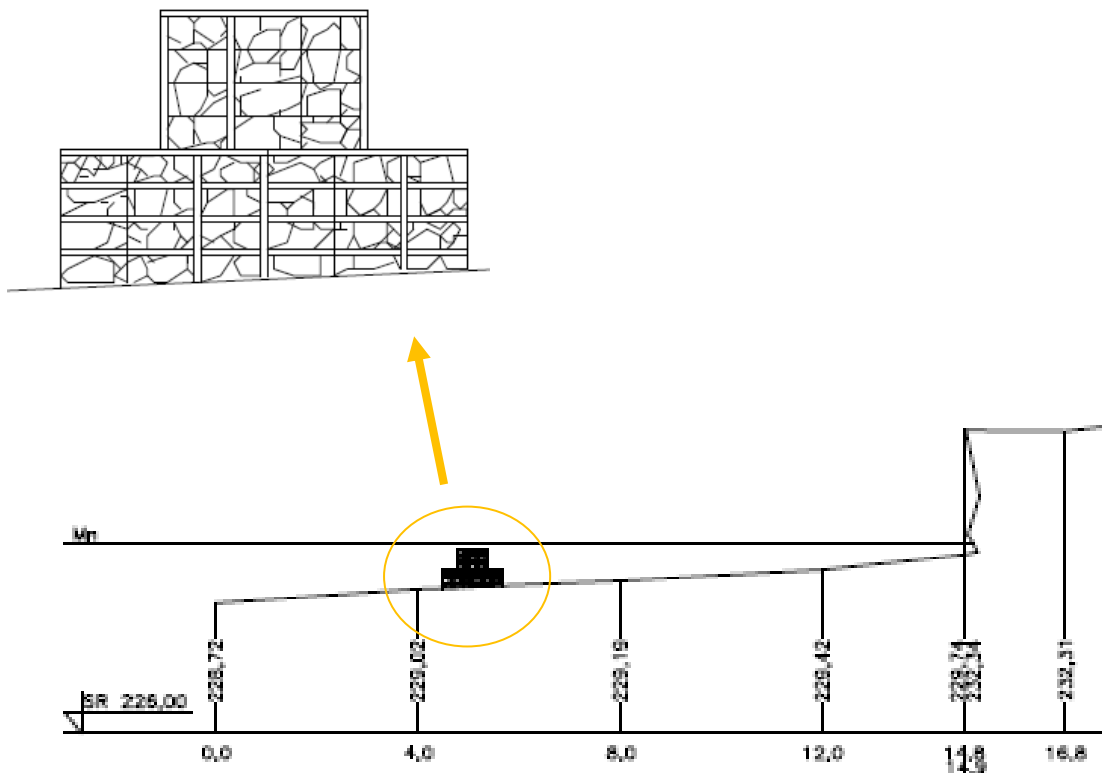
Břehy údolních nádrží postižené abrazí se stávají jak hrozbou pro objekty stojící na břehu, tak se také výrazně podílejí na zanášení nádrží, na změně kvality vody, dále ohrožují rekreaci a působí negativně z pohledu ekobiologického a krajinotvorného. Pro příklad Sokolské koupaliště, které se nachází nedaleko řešené oblasti, zde činil ústup břehové čáry 13 metrů za 13 let.

Řešení toho problému pomocí vlnolamů se zde nabízí, protože abrazní sruby v této lokalitě byly vyhlášeny za přírodní chráněnou památku. Proto zde není možné použít stabilizaci břehu, například kamennými záhozy či pohozy, ale právě zmíněnými vlnolamy, které se nijak nedotknou chráněných srubů, ale měly by zabránit jejich dalšímu vymílání.

Za nejvhodnější vlnolamy z hlediska užitého materiálu je možno považovat opatření biotechnická. Tento typ ochrany břehů je založen na kombinaci vhodných tuhých přírodních materiálech (dřevo, kámen) a živých rostlin (vrbové prýty).

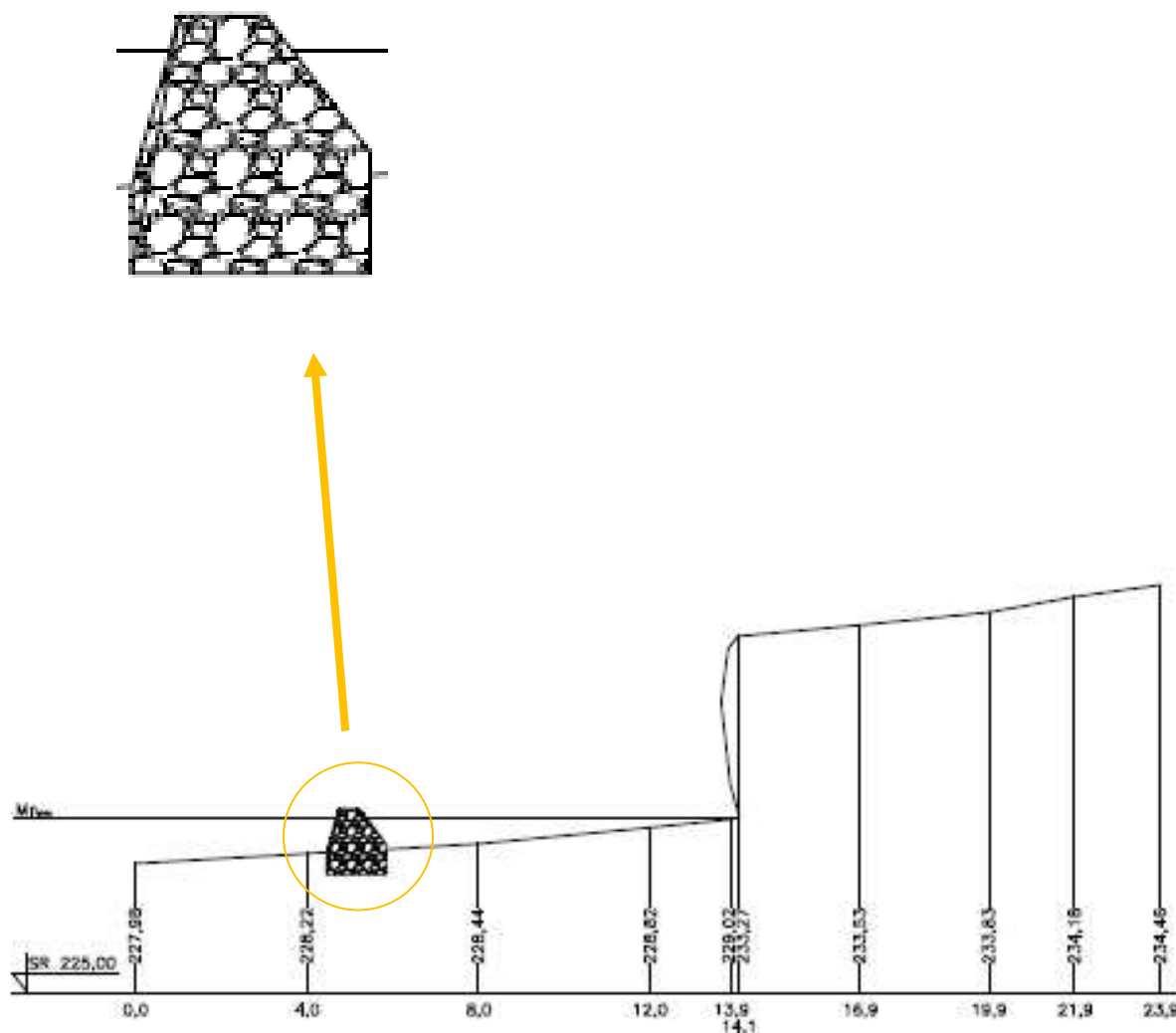
1. typ – Gabiony

Tento vlnolam je tvořen třemi pásy drátokamenných košů. Dráty tvořící koše jsou pruty o tloušťce 10 mm, náplň košů tvoří lomový kámen o průměru cca 300-500 mm. Spodní řadu tvoří dva vedle sebe uložené pásy gabionů, na nichž je ve středu uložen třetí pás. Drátokamenné koše mají šířku 600 mm a výšku 400 mm, dohromady tedy výška celého opatření činí asi 800 mm. Jedná se o technický prvek.



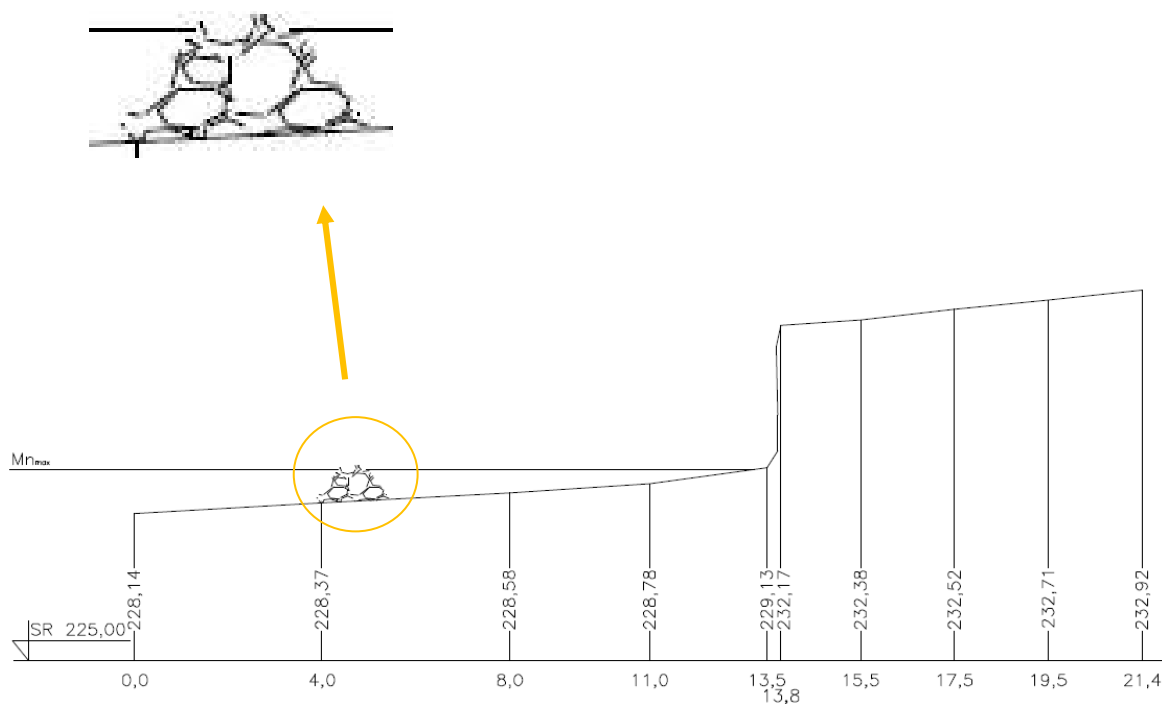
2. typ – Kámen prolitý betonem

Tento druh vlnolamu je založen na lomovém kameni, který je zpevněn vodostavebním betonem. Kámen může být použit menšího průměru než u gabionů, a to lomový o průměru 100-300 mm. Beton se používá nevyztužený, odolný proti dešťovým srážkám, vlivu mrazu a proti velmi silnému proudění vody. Tento beton má označení XM3, XF3, XC4 a používá se také pro rozražeče proudů u přehrad. Výhoda oproti vlnolamu, složenému pouze z kamene, spočívá v možnosti většího sklonu vlnolamu a s tím související vyšší výšce při stejné stabilitě. Pro zajištění stability je ovšem potřeba základu, který je pod zemí tvořen svislými stěnami a dosahuje výšky cca 1/3 výšky nadzemní části opatření. Jedná se o technický prvek.

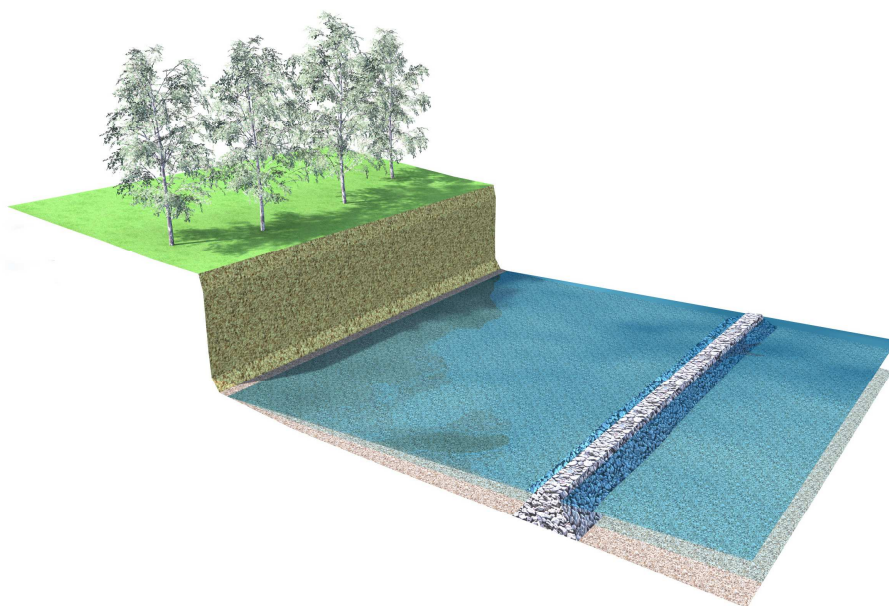


3. typ – Lomový kámen

V tomto případě je pro materiál vlnolamu zvolen pouze lomový kámen, který tvoří pásy asi 800 mm vysoké a 1 metr široké v patě, zužující se k vrcholu ve sklonu cca 1:1. Jako materiál je opět použit lomový kámen o průměru 300-500 mm.

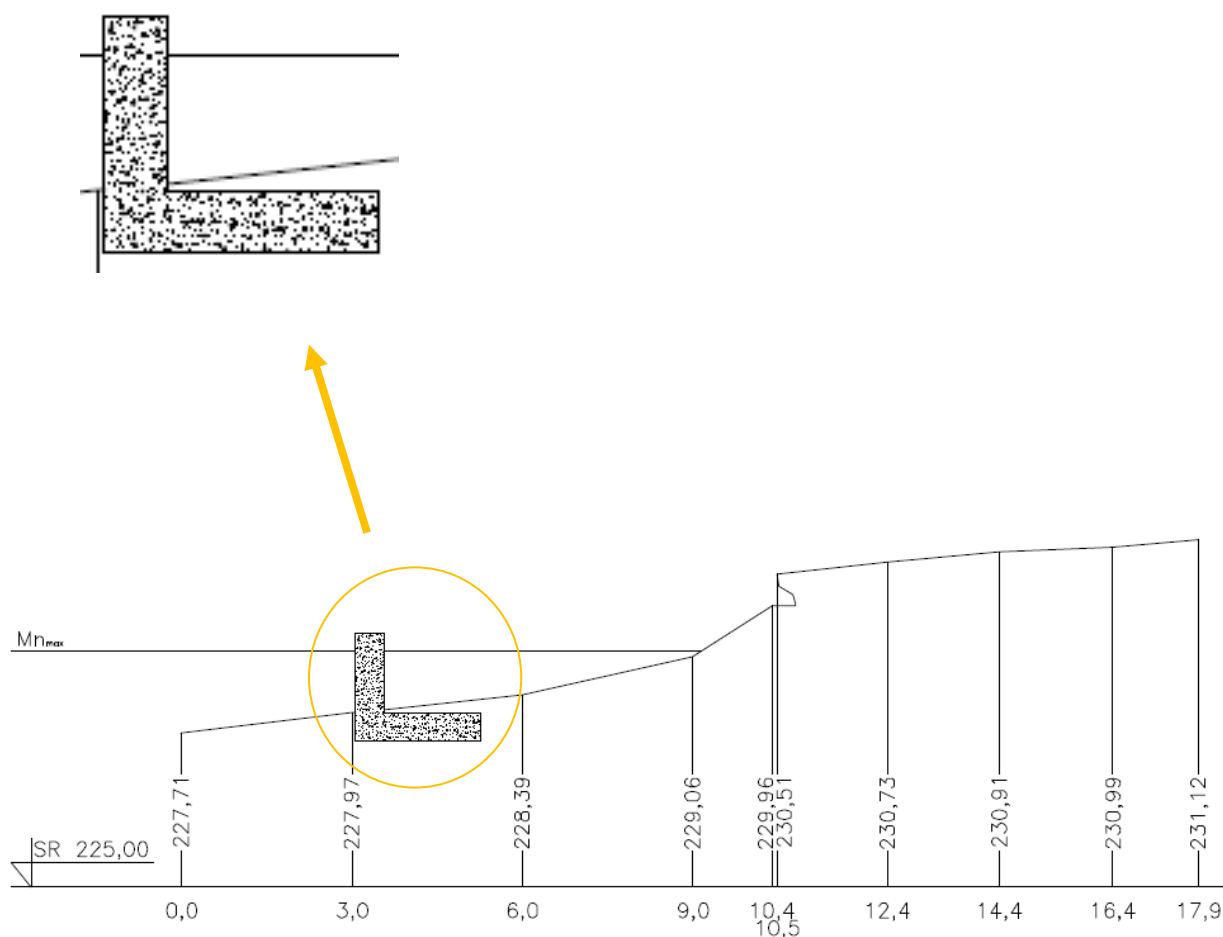


3D zobrazení:



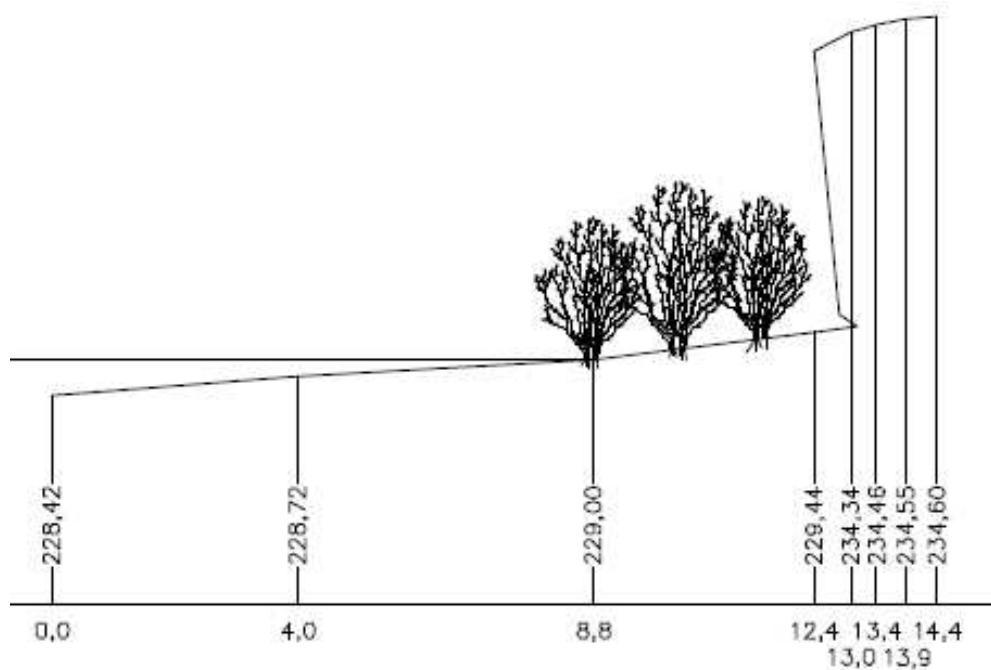
4. typ - Vodostavební beton

Další možností rozřeže vln jsou prefabrikované železobetonové bloky. Toto opatření je nejdražší z hlediska materiálu, ale také zároveň nejpevnější, takže je vhodné jej volit na místa, kde jsou vlny nejintenzivnější a mají nejničivější dopad na pobřeží. Výhoda tohoto opatření také spočívá v jeho variabilitě. Lze zajistit tvar, jaký je potřeba - různá výška, šířka či tvar. Ideální je rozdělit vlnolam na několik částí, různě dlouhých, dle potřeby. Také v tomto případě je vhodné opatřit vlnolam základem. U prefabrikovaných prvků tvaru L je celé spodní rameno pod zeminou a tím získává stabilitu. Materiál bude stejný jako v předchozím případě, tedy vodostavební beton, odolný proti srážkám, vlivu mrazu a hlavně proti silnému proudění vody. V tomto případě je vhodnější použít beton vyztužený železnými pruty, množství výztuže je potřeba navrhnout dle místních podmínek. Stejně jako rozměry, hlavně výšku - požadujeme-li, aby byl vlnolam zcela pod vodou, či sahal nad hladinu. V tomto případě se také jedná o čistě technické opatření.



5. typ – Vrbový porost

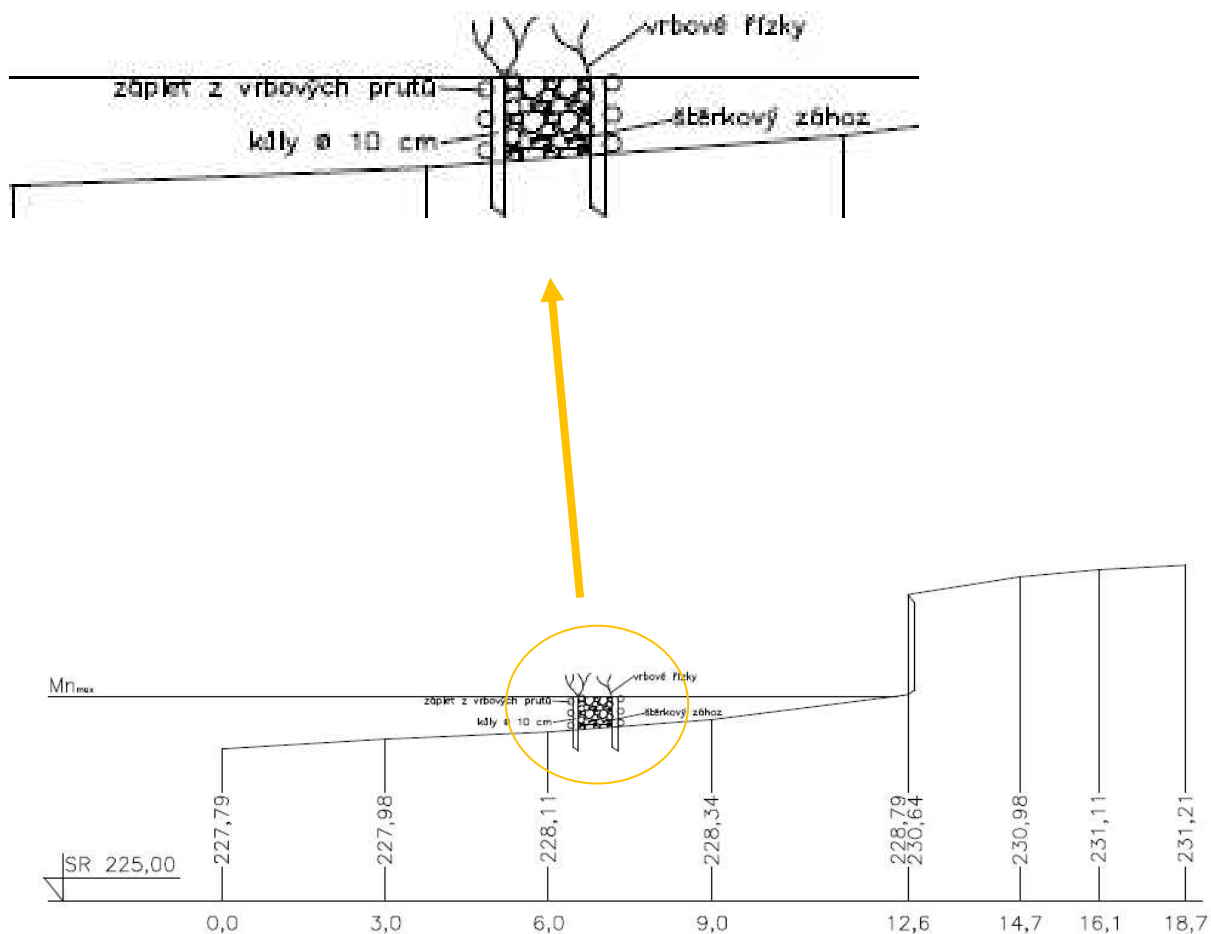
Toto opatření je čistě biologické. Jde o vysázení vrb na nezatopenou část abrazní plošiny. Tím se zabrání dorážení vln na břeh a stabilizaci povrchu kořeny vrb. Toto opatření nelze uplatnit všude, je vhodné tam, kde je srub vysoký (4-5 m), takže vrba nepřesahuje nad srub. Ovšem z hlediska přírodě blízké biologické stabilizace je toto velice vhodné a také finančně méně nákladné. Na obrázku vidíme, že na určitých místech již tyto vrby byly vysázeny.



Obr. 6 Stabilizace pomocí vrbového porostu

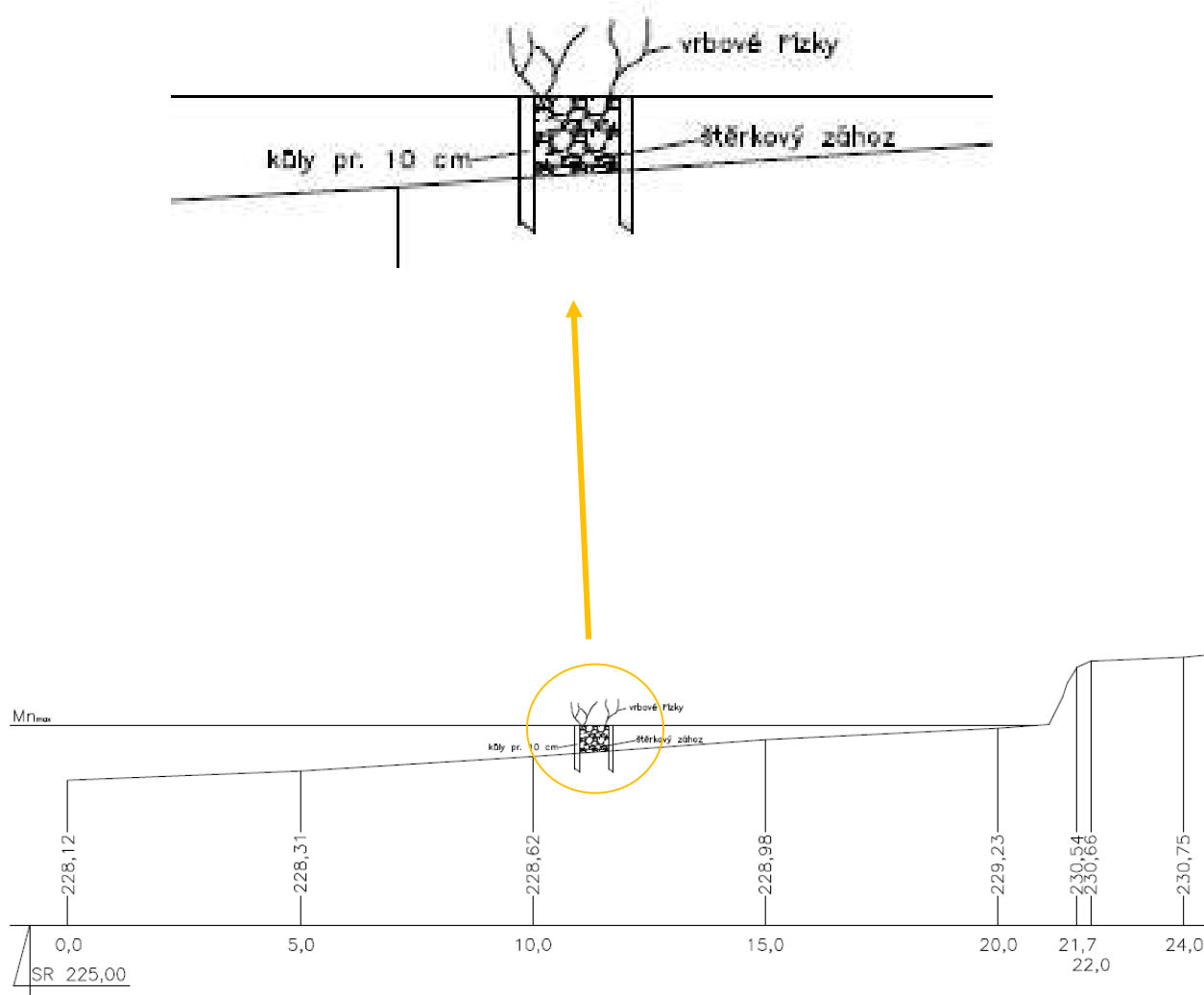
6. typ – Zápleťový plůtek s kameny, oživený vrbový průty

Zde se jedná o opatření biotechnické, tedy kombinace dřeva se štěrkem, navíc oživené vrbovými řízký. Základ tvoří dřevěné kůly o průměru cca 10 cm, zaražené do země (cca 2/3 kůlu po zemi). Ty jsou dále propleteny vrbovými pruty tak, že vytvoří jakýsi koš, který je následně zasypán hrubým štěrkem. Nakonec je tento zához oživen vrbovými řízký, které musí být umístěny nad nejčtetnější hladinou, aby jim byl umožněn růst, zbytek vlnolamu je pod hladinou, což je pro mrtvé dřevo vyhovující, takže působí dojmem pouze vrb, které vystupují z hladiny. Výhody tohoto opatření jsou rovněž nízké pořizovací náklady (užití místních materiálů-vrby na pobřeží), ovšem poměrně pracnější.

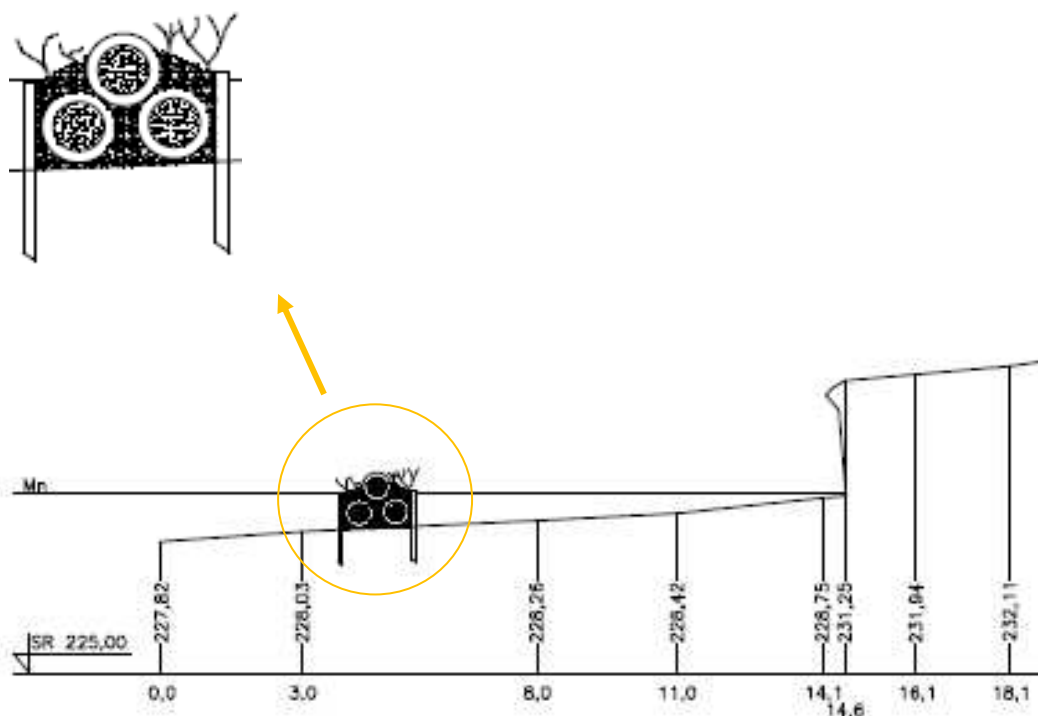


7. typ – Kůly s kameny, oživený vrbový prýty

Rovněž se jedná o opatření biotechnické, kombinaci dřeva s kamenivem a vrbovými řízků. Základ tvoří dřevěné kůly o průměru cca 10 cm, zaražené do země hustěji než v předchozím případě, protože nejsou použity vrbové pruty jako záplet, rovněž kamenivo na následný zásyp je hrubější frakce než rozestupy mezi kůly, aby je udržely. Nakonec je tento vlnolam opatřen opět vrbovými řízků.



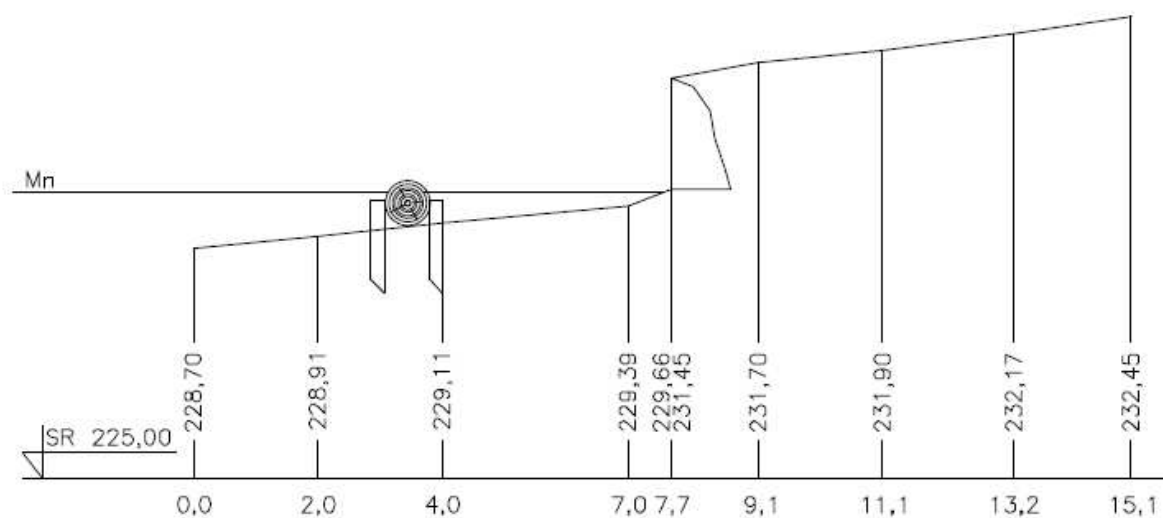
Toto opatření sestává z hafošterkových válců, tedy válců tvořených ze směsi hatí, naplněných stěrskem, ty jsou uloženy dva vedle sebe a třetí na nich. Lze použít i variantu jednoho válce, který může dosahovat až průměru 1 m. Ze stran jsou tyto válce zabezpečeny kůly zaraženými do země, proti posunutí. Výplň mezi válci tvoří drobné kamenivo. Nakonec je vlnolam oživen vrbovými prýty. Tento prvek opět spadá do kategorie biotechnických.



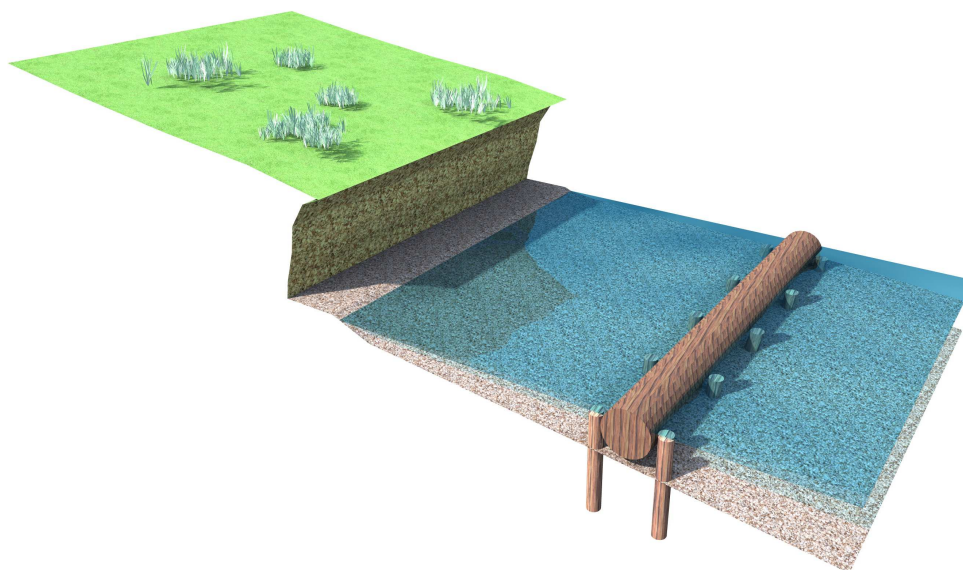
A 3D cutaway diagram illustrating a water treatment system. On the left, a green grassy area with a tree sits atop a brown soil layer. A concrete wall separates this land from a large, rectangular blue water tank. The tank is filled with water and contains several small, green, plant-like structures. To the right of the tank, a series of circular filter units are shown, each supported by two wooden posts. These units are arranged in a row, with water flowing through them. The filter units have a brown outer shell and a lighter-colored inner core. The entire system is set on a light-colored gravel base.

9. typ – Kulatina zapřená kůly

V tomto případě se jedná o čistě biologické opatření. Kulatina o průměru cca 800 mm (nebo více), je zapřená z obou stran kůly, zaraženými do země. Tento vlnolam byl navržen tam, kde břeh tvoří převisy a očekává se časem jeho pád do vody. Takže pokud bude kulatina správně umístěna a břeh spadne až k ní, bude časem tvořit spíše stabilizaci břehu.

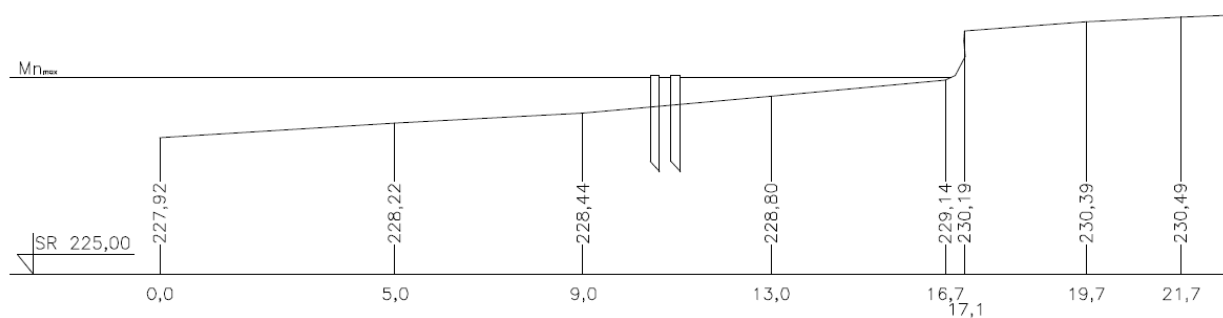


3D zobrazení:

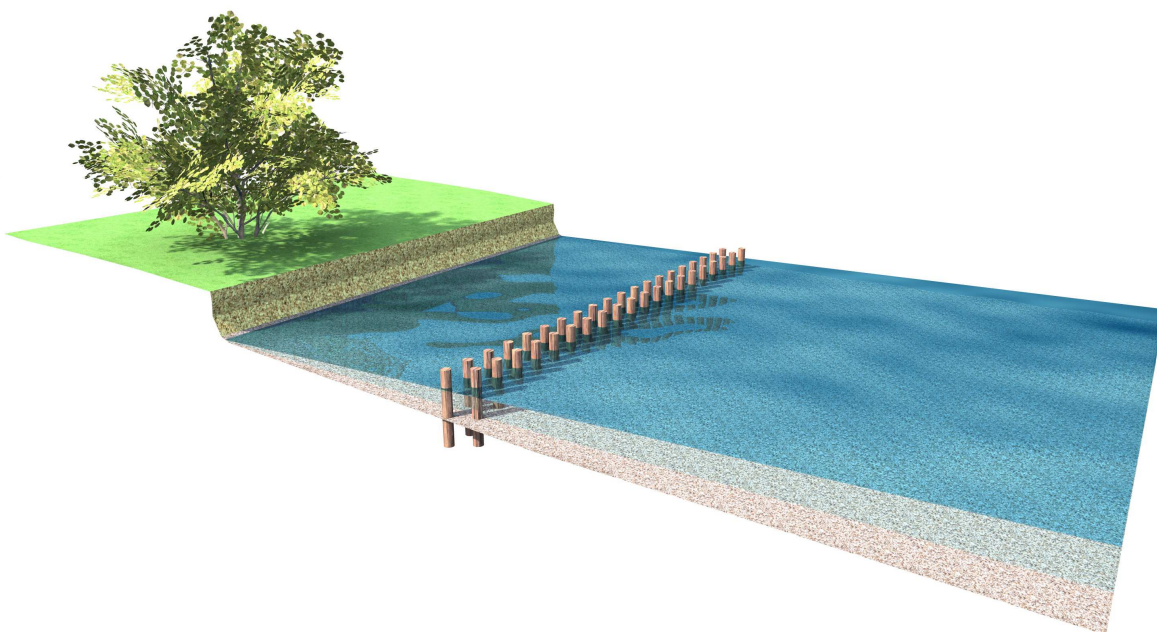


10. typ – Kůly šachovnicově

Toto opatření spočívá pouze v kůlech, zaražených do země v šachovnicovém tvaru. Esteticky zajímavé je tento vlnolam tím, že ční nad hladinu a vytváří souvislou plochu, která má ale tu výhodu, že přeruší vlnu, ale i nános, který vznikne u břehu může samovolně odpolout zpět ke středu nádrže. Pro zaražení bez potřeby statického posudku se obecně užívá pravidla, že 2/3 výšky kůlu jsou v zemi a 1/3 nade dnem. Toto opatření je levné, čistě biologické.

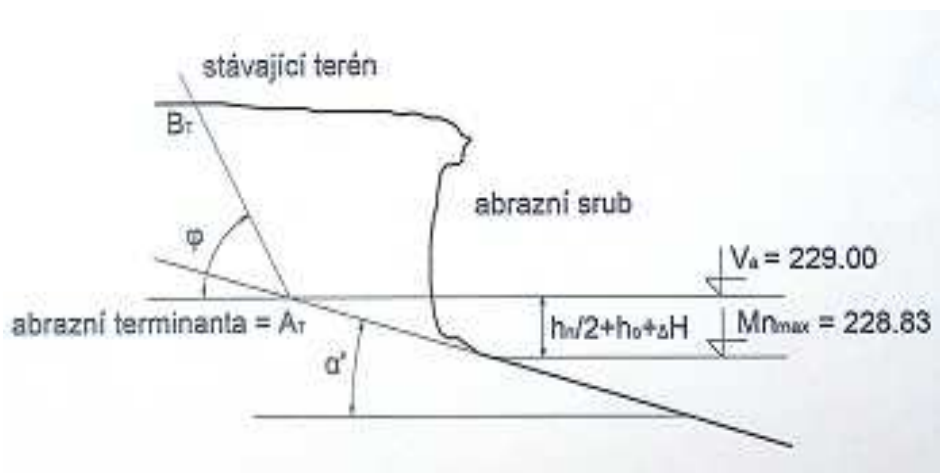


3D zobrazení:



VYPRACOVAL:	Bc. Lukáš Martinát	
VEDOUcí PRÁCE:	doc. Dr. Ing. Miloslav Šlezingr	
NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE:	STABILIZACE BŘEHŮ NÁDRŽÍ	
ČÁST:	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	
		DATUM 1/2012
		PŘÍLOHA Č. 3

3.1. Grafické znázornění modifikované metody stanovení abrazní terminanty



Obr.č.1-schéma abrazního srubu

$A_T...$	abrazní terminanta
$B_T...$	bod maximálního ústupu břehové čáry
$Mn_{max}...$	nejčtenější hladina (m n.m.)
$V_a...$	nadmořská výška paty abrazního srubu (m n.m.)
$\alpha'...$	sklon abrazní plošiny ($^\circ$)
$\varphi...$	úhel vnitřního tření zeminy ($^\circ$)

Podle schématu je určena **abrazní terminanta** v zaměřených profilech v oblasti „Rokle“. Vynesením hodnoty úhlu vnitřního tření zeminy φ tvořící břeh této části nádrže je pak stanovena **prognóza ústupu břehové čáry**.

V následujících výpočtech je doložen výpočet jednotlivých veličin potřebných pro stanovení nadmořské výšky paty nejvýše položeného abrazního srubu – V_a a také abrazní terminanty – A_T .

3.2. Stanovení nejčtetnější hladiny- Mn_{max}

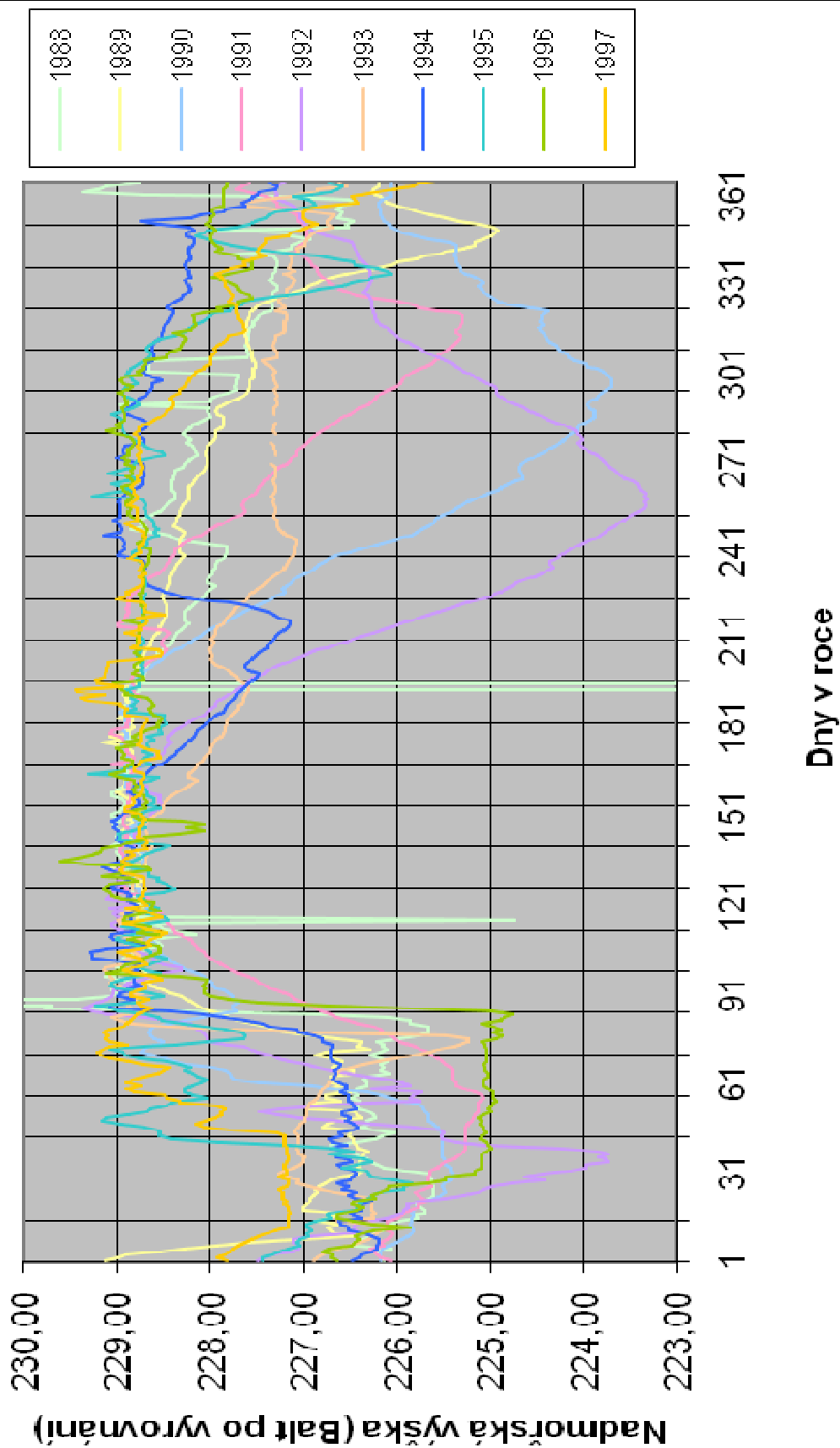
K určení úrovně nejčtetnější hladiny Mn_{max} je potřeba nashromáždit měření nadmořských výšek hladin za období minimálně 5-10 let.

Dle zkušeností získaných dlouhodobým měřením a zpracováním naměřených výsledků českých i zahraničních autorů je prokázáno, že pravděpodobný počátek vzniku abraze, tedy místa vzniku paty budoucího nejvýše položeného abrazního srubu, můžeme očekávat v blízkosti maximální hladiny zásobního prostoru, případně výše v oblasti neovladatelného retenčního prostoru nádrže.

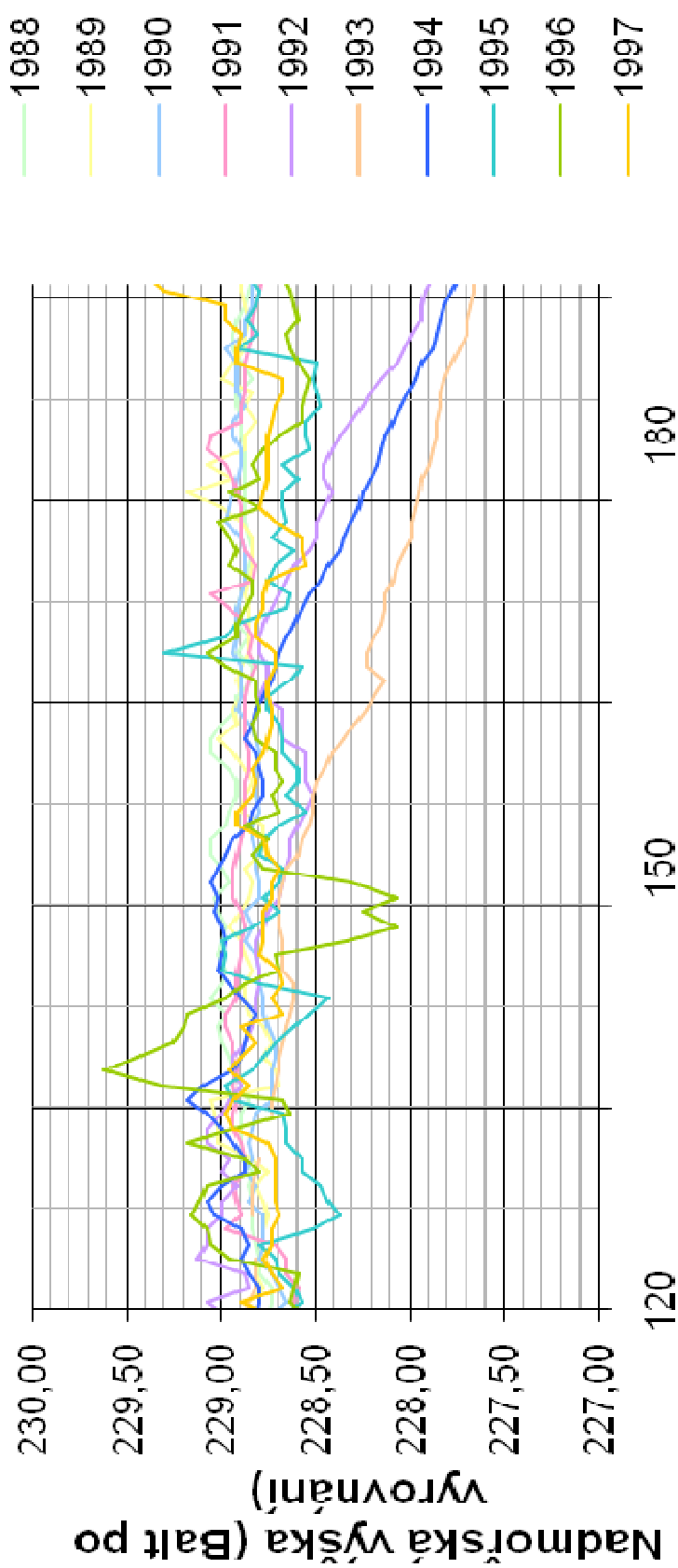
Postup při stanovení nejčtetnější hladiny Mn_{max} :

1. Získání dat denního měření úrovně hladiny v posuzované nádrži za co nejdelší období.
V tomto případě se jednalo o data poskytnuté Povodím Moravy v období 1998-2007.
2. Zpracování dat a vynesení histogramů „četností výskytu hladin za rozhodující období“ v jednotlivých letech.
3. Specifikace pojmu „rozhodující období“ a následný výběr tohoto období.
Vycházíme přitom z grafů průběhu hladin v jednotlivých letech. Z těchto grafů se určí období setrvalých nejvyšších vodních stavů a určí se nejnižší a nejvyšší hladina v tomto období.
4. Intervaly s nejčastějším výskytem hladin v rozhodujícím období v jednotlivých letech tvoří třídní intervaly závěrečného vyhodnocení četnosti výskytu za rozhodující období ve sledovaném časovém úseku.
5. Střední hodnotu tohoto intervalu označíme jako **nejčtetnější hladina Mn_{max}** .

Výška hladin v období 1988 - 1997



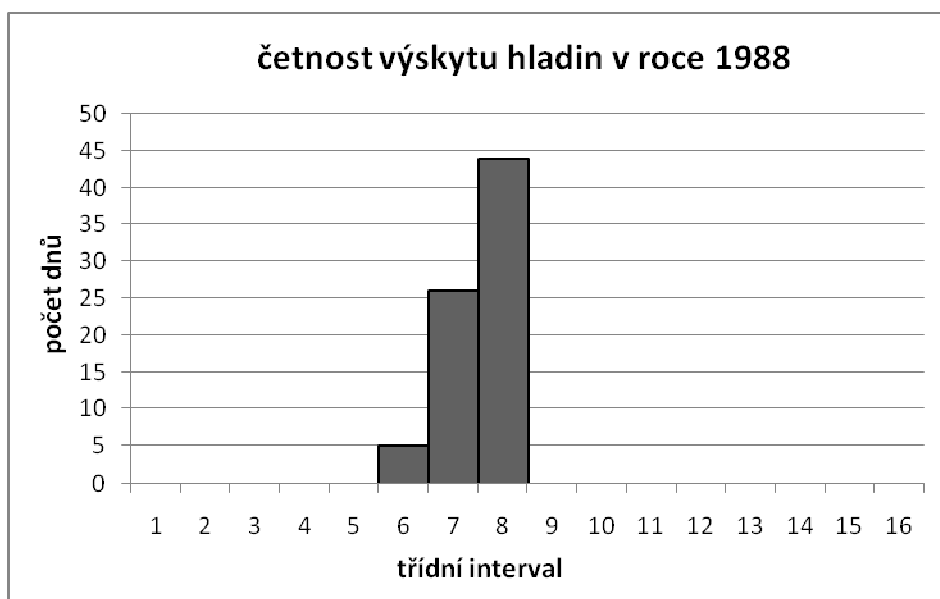
Období setrvalých nejvyšších vodních stavů v období 1988 - 1997



Dny v roce

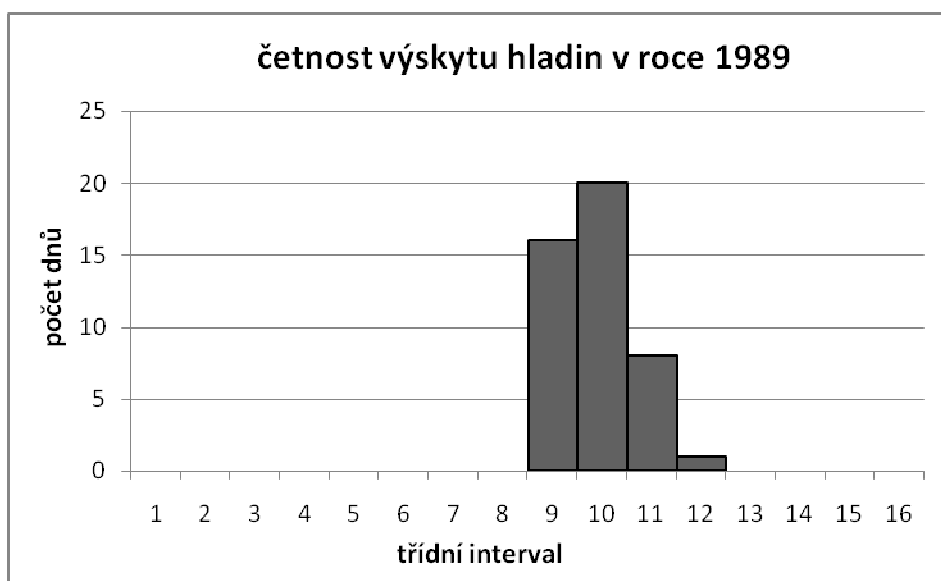
Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1988

i	třídní interval	četnost
-	m n.m.	-
1	227.65-227.77	
2	227.78-227.90	
3	227.91-228.03	
4	228.04-228.16	
5	228.17-228.29	
6	228.30-228.42	5
7	228.43-228.55	26
8	228.56-228.68	44
9	228.69-228.81	
10	228.82-228.94	
11	228.95-229.07	
12	229.08-229.20	
13	229.21-229.33	
14	229.34-229.46	
15	229.47-229.59	
16	229.60-229.72	



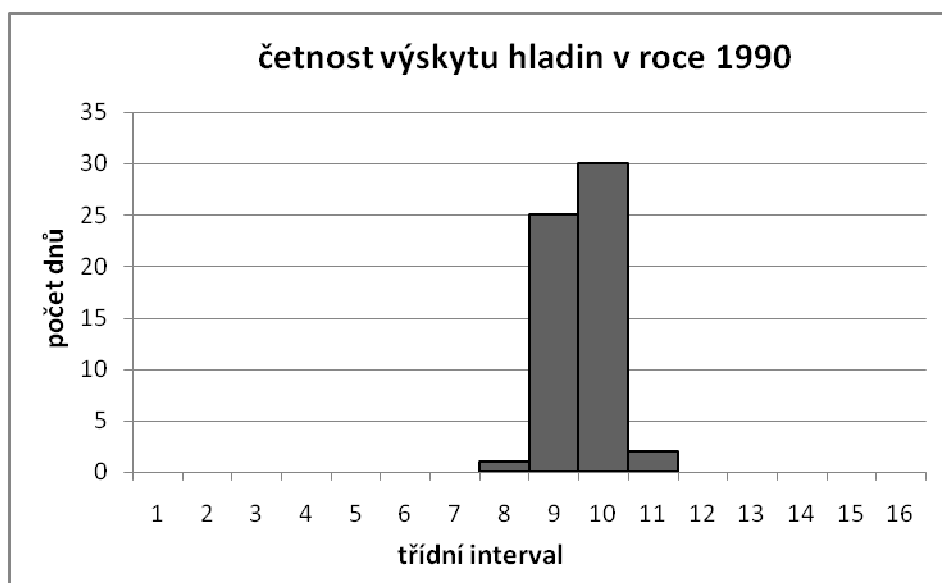
Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1989

i	třídní interval	četnost
-	m n.m.	-
1	227.65-227.77	
2	227.78-227.90	
3	227.91-228.03	
4	228.04-228.16	
5	228.17-228.29	
6	228.30-228.42	
7	228.43-228.55	
8	228.56-228.68	
9	228.69-228.81	16
10	228.82-228.94	20
11	228.95-229.07	8
12	229.08-229.20	1
13	229.21-229.33	
14	229.34-229.46	
15	229.47-229.59	
16	229.60-229.72	



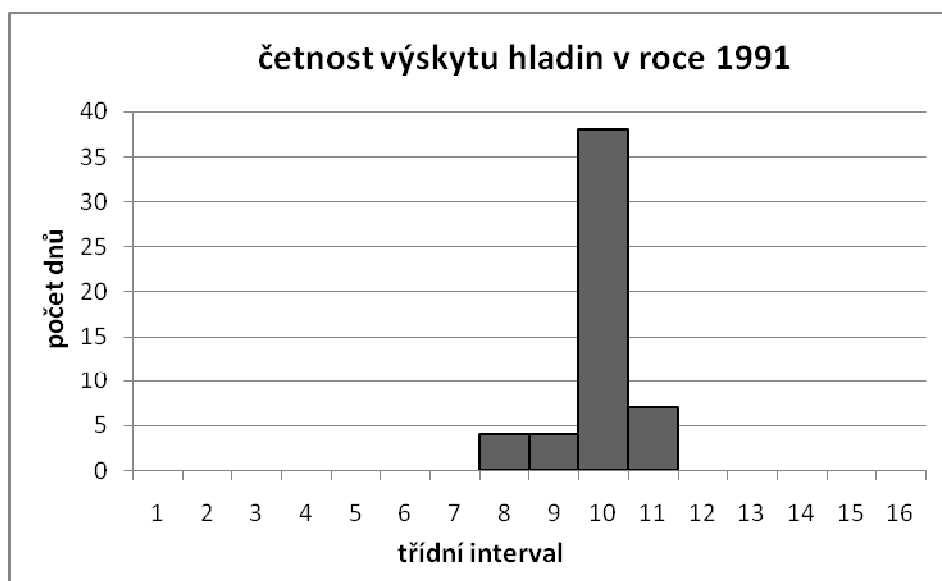
Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1990

i	třídní interval	četnost
-	m n.m.	-
1	227.65-227.77	
2	227.78-227.90	
3	227.91-228.03	
4	228.04-228.16	
5	228.17-228.29	
6	228.30-228.42	
7	228.43-228.55	
8	228.56-228.68	1
9	228.69-228.81	25
10	228.82-228.94	30
11	228.95-229.07	2
12	229.08-229.20	
13	229.21-229.33	
14	229.34-229.46	
15	229.47-229.59	
16	229.60-229.72	



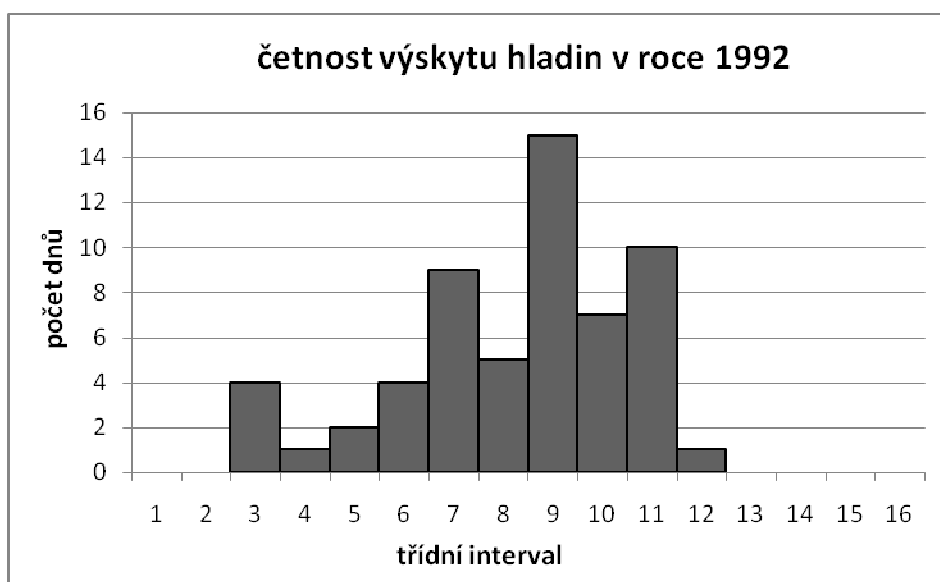
Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1991

i	třídní interval	četnost
-	m n.m.	-
1	227.65-227.77	
2	227.78-227.90	
3	227.91-228.03	
4	228.04-228.16	
5	228.17-228.29	
6	228.30-228.42	
7	228.43-228.55	
8	228.56-228.68	4
9	228.69-228.81	4
10	228.82-228.94	38
11	228.95-229.07	7
12	229.08-229.20	
13	229.21-229.33	
14	229.34-229.46	
15	229.47-229.59	
16	229.60-229.72	



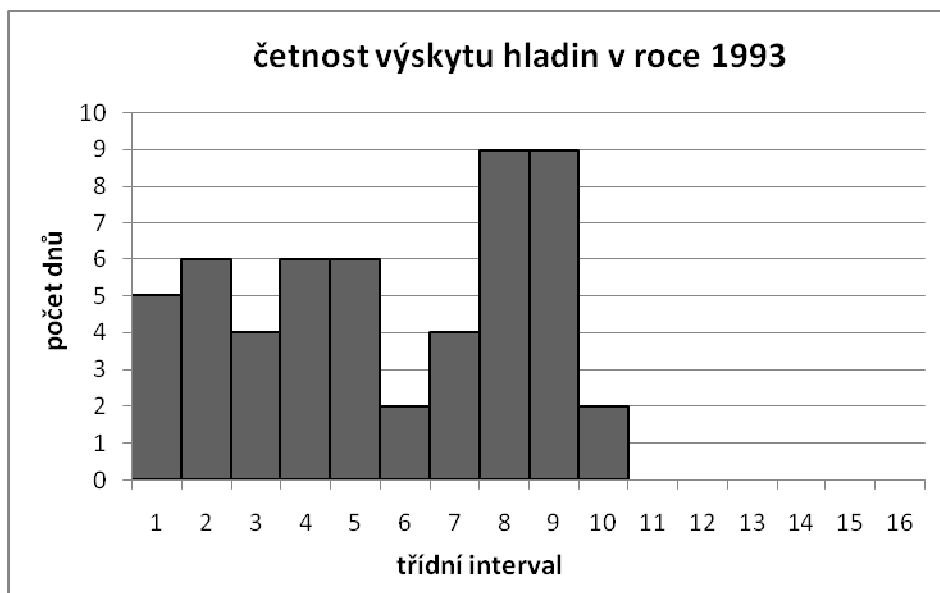
Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1992

i	třídní interval	četnost
-	m n.m.	-
1	227.65-227.77	
2	227.78-227.90	
3	227.91-228.03	4
4	228.04-228.16	1
5	228.17-228.29	2
6	228.30-228.42	4
7	228.43-228.55	9
8	228.56-228.68	5
9	228.69-228.81	15
10	228.82-228.94	7
11	228.95-229.07	10
12	229.08-229.20	1
13	229.21-229.33	
14	229.34-229.46	
15	229.47-229.59	
16	229.60-229.72	



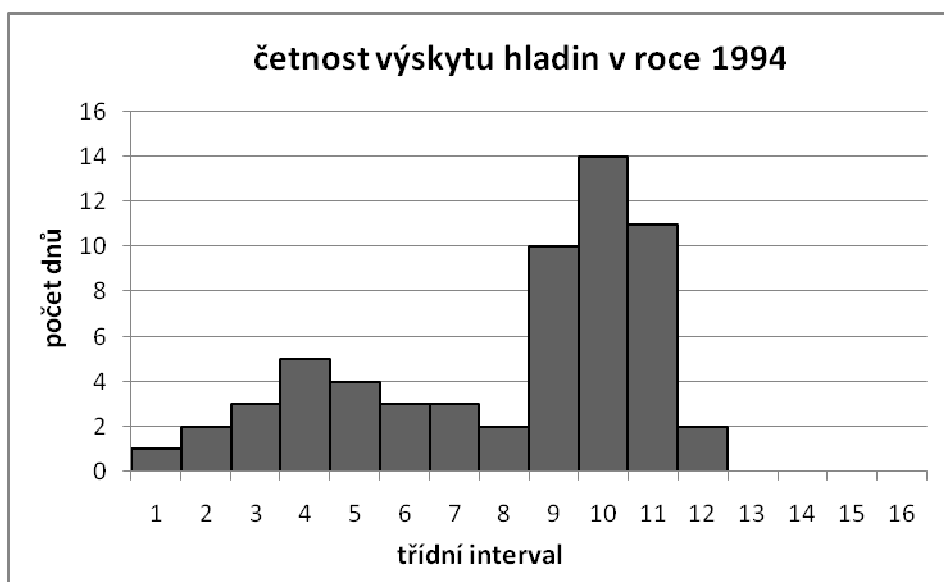
Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1993

i	třídní interval	četnost
-	m n.m.	-
1	227.65-227.77	5
2	227.78-227.90	6
3	227.91-228.03	4
4	228.04-228.16	6
5	228.17-228.29	6
6	228.30-228.42	2
7	228.43-228.55	4
8	228.56-228.68	9
9	228.69-228.81	9
10	228.82-228.94	2
11	228.95-229.07	
12	229.08-229.20	
13	229.21-229.33	
14	229.34-229.46	
15	229.47-229.59	
16	229.60-229.72	



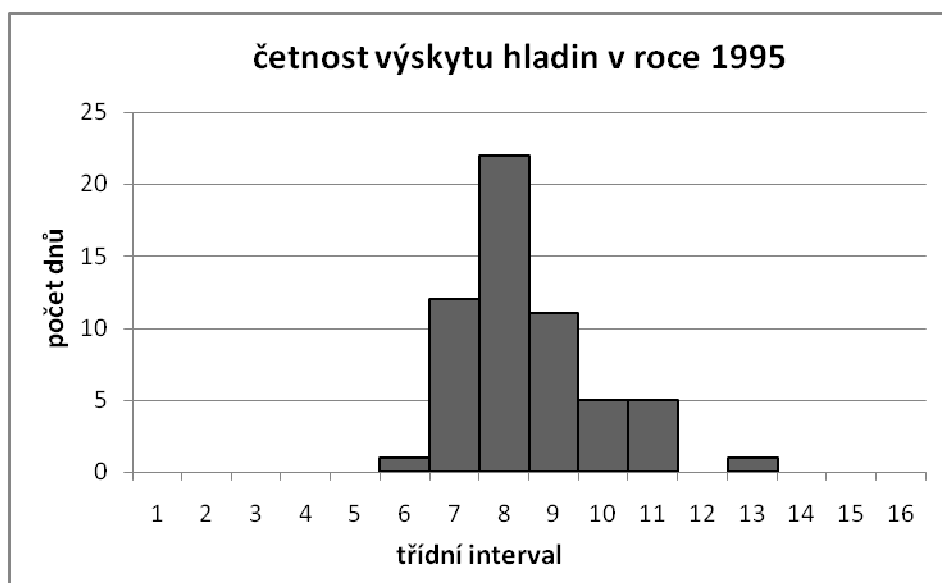
Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1994

i	třídní interval	četnost
-	m n.m.	-
1	227.65-227.77	1
2	227.78-227.90	2
3	227.91-228.03	3
4	228.04-228.16	5
5	228.17-228.29	4
6	228.30-228.42	3
7	228.43-228.55	3
8	228.56-228.68	2
9	228.69-228.81	10
10	228.82-228.94	14
11	228.95-229.07	11
12	229.08-229.20	2
13	229.21-229.33	
14	229.34-229.46	
15	229.47-229.59	
16	229.60-229.72	



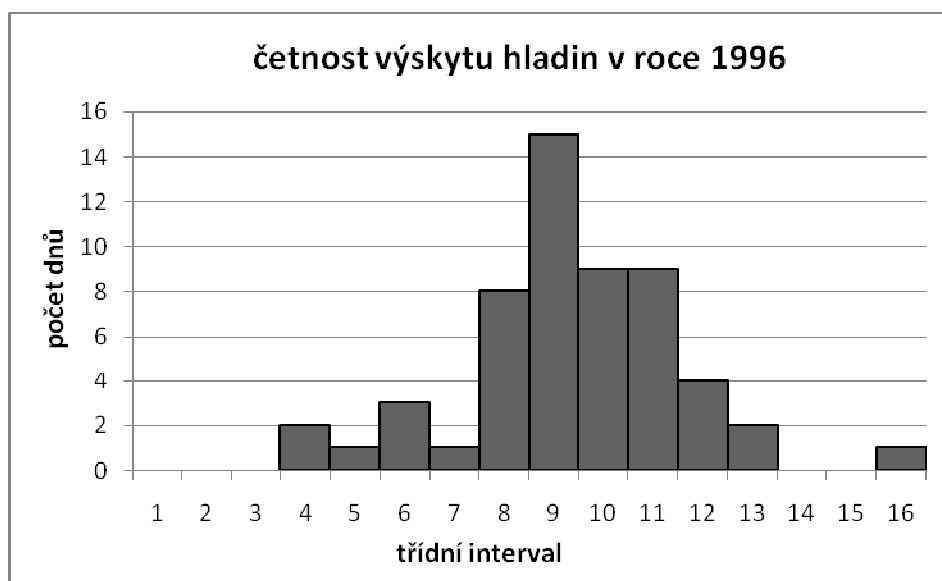
Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1995

i	třídni interval	četnost
-	m n.m.	-
1	227.65-227.77	
2	227.78-227.90	
3	227.91-228.03	
4	228.04-228.16	
5	228.17-228.29	
6	228.30-228.42	1
7	228.43-228.55	12
8	228.56-228.68	22
9	228.69-228.81	11
10	228.82-228.94	5
11	228.95-229.07	5
12	229.08-229.20	
13	229.21-229.33	1
14	229.34-229.46	
15	229.47-229.59	
16	229.60-229.72	



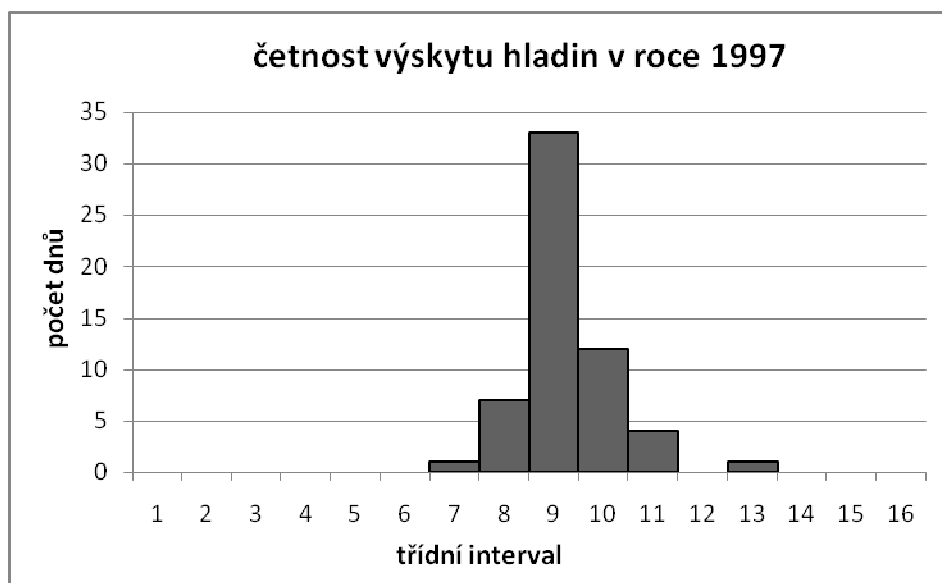
Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1996

i	třídní interval	četnost
-	m n.m.	-
1	227.65-227.77	
2	227.78-227.90	
3	227.91-228.03	
4	228.04-228.16	2
5	228.17-228.29	1
6	228.30-228.42	3
7	228.43-228.55	1
8	228.56-228.68	8
9	228.69-228.81	15
10	228.82-228.94	9
11	228.95-229.07	9
12	229.08-229.20	4
13	229.21-229.33	2
14	229.34-229.46	
15	229.47-229.59	
16	229.60-229.72	1



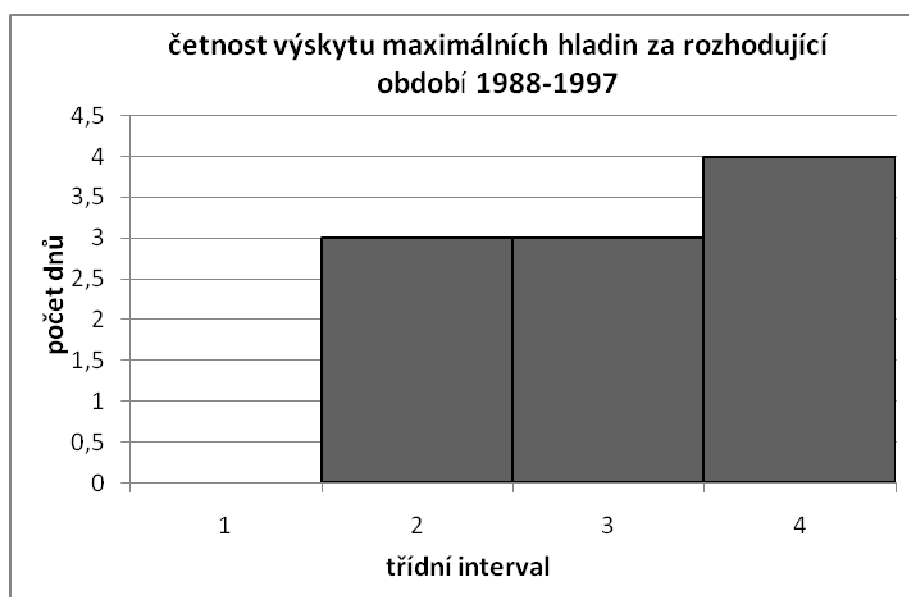
Četnost výskytu hladin za rozhodující období v roce 1997

i	třídní interval	četnost
-	m n.m.	-
1	227.65-227.77	
2	227.78-227.90	
3	227.91-228.03	
4	228.04-228.16	
5	228.17-228.29	
6	228.30-228.42	
7	228.43-228.55	1
8	228.56-228.68	7
9	228.69-228.81	33
10	228.82-228.94	12
11	228.95-229.07	4
12	229.08-229.20	
13	229.21-229.33	1
14	229.34-229.46	
15	229.47-229.59	
16	229.60-229.72	



Četnost výskytu maximálních hladin za rozhodující období 1988-1997

i	třídní interval	střední hladina	četnost
-	m n.m.	m n.m.	-
8	228.56-228.68	228.62	3
9	228.69-228.81	228.75	3
10	228.82-228.94	228.88	4



3.3. Určení efektivní délky rozběhu větru– L_{ef} (dle ČSN 75 02 55)

Z pozorování, které provedl v šedesátých a sedmdesátých letech profesor S. Kratochvíl Vyplyvají následující informace platné pro údolní nádrž Brno:

- zpracované hodnoty pochází z let 1946-1965
- výskyt větrů o rychlosti $w \geq 10$ m/s byl v 687 dnech pozorovaného období
- převládající směr větru byl západní (41,5 %), severozápadní (28,5 %) a jihovýchodní (16 %).
- výskyt větrů o rychlosti $w \geq 20$ m/s byl ve 187 dnech pozorovaného období
- výskyt jihovýchodních větrů o této rychlosti byl ve 31 dnech tj. 16,5 %

Jihovýchodní větry mají v oblasti Osada jako jediné smysl řešit, a proto se nadále bude výpočet týkat pouze tohoto směru.

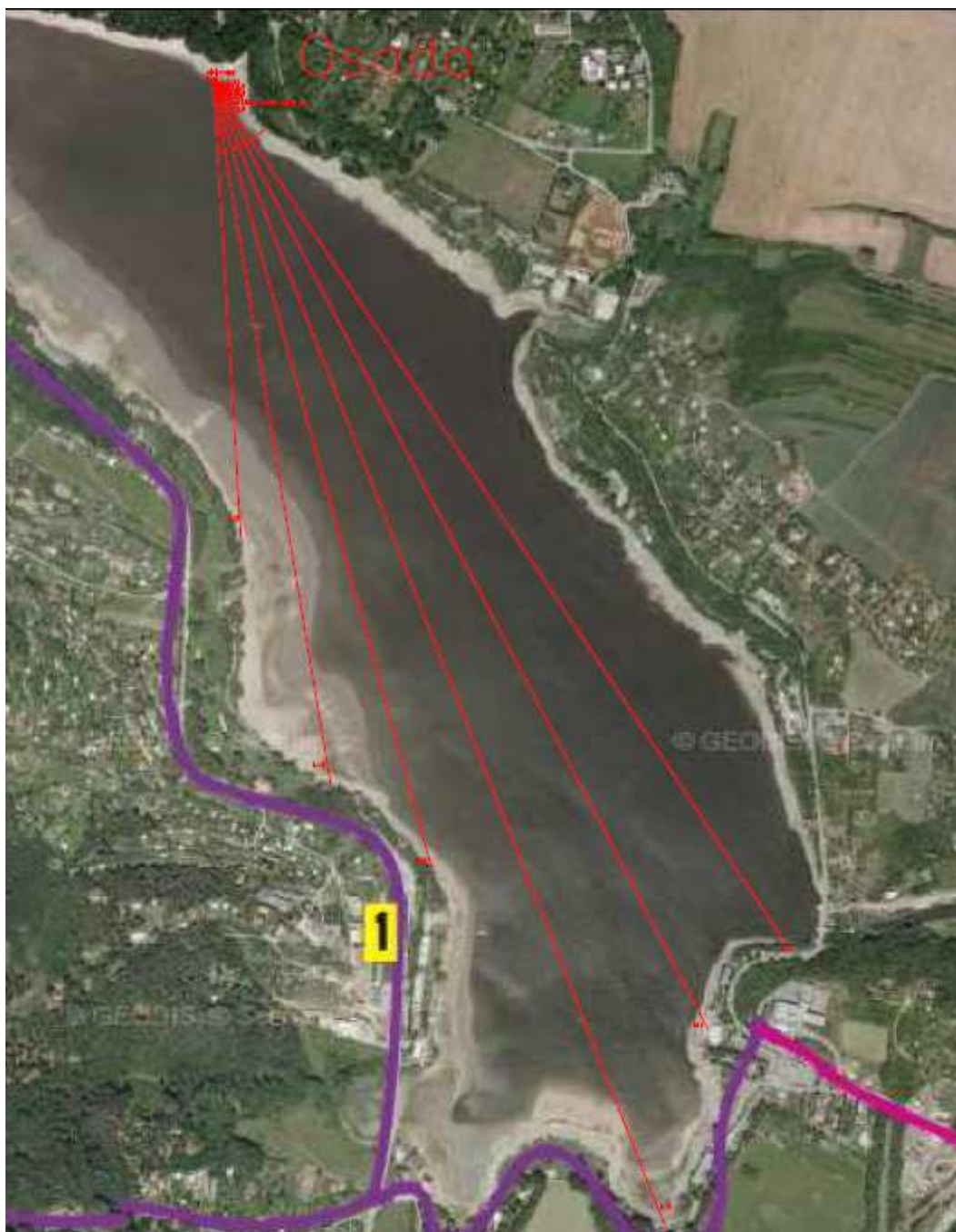
Při stanovení délky rozběhu vlny vycházíme z předpokladu, že vítr vane účinně v hlavním směru 45° na obě strany. L_{ef} pak stanovíme z 15ti radiál vedených sledovanými body pobřeží tak, že střední radiála je totožná s hlavním směrem větru. Ostatní radiály vykreslíme po 6° na obě strany. Hodnotu L_{ef} pak určíme dle vztahu:

$$L_e = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \times \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i}$$

L_i ... délka každé jednotlivé radiály (m)

Φ_i ... úhel, který svírá radiála s hlavním směrem větru (6,12,18,24,30,36,42°)

Schéma pro určení délky radiál větru



Obr. 2 Schéma rozběhu větru

Tabulka hodnot radiál a úhlů pro JV vítr

	L_i	φ_i	$\cos \varphi_i$	$L_i \cos^2 \varphi_i$
	(m)	(°)	(-)	(-)
1	48	42	0,743	26,509
2	48	36	0,809	31,416
3	49	30	0,866	36,750
4	49	24	0,914	40,894
5	49	18	0,951	44,321
6	50	12	0,978	47,839
7	53	6	0,995	52,421
8	58	0	1,000	58,000
9	95	6	0,995	93,962
10	2635	12	0,978	2521,096
11	2728	18	0,951	2467,499
12	3147	24	0,914	2626,377
13	2083	30	0,866	1562,250
14	1817	36	0,809	1189,242
15	1168	42	0,743	645,045
			13,511	11443,620

dosazení do vzorce:

$$L_e = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \times \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i} = 11443,62 / 13,51 = \mathbf{846,99 \text{ m}}$$

Efektivní délka rozběhu větru je $L_{ef} = \mathbf{846,99 \text{ m}}$

Skutečná rozběhová dráha větru v přímém směru je $L = \mathbf{58}$

Z porovnání těchto hodnot vyplývá, že efektivní délka rozběhu větru je větší než skutečná rozběhová dráha větru v přímém směru:

$$L_{ef} / L = \mathbf{14,603} \Rightarrow L_{ef} / L > 1$$

Tudíž budeme v dalších výpočtech počítat s hodnotou efektivní délky rozběhu větru $L = \mathbf{846,99m}$

3.4. Stanovení návrhové výšky vlny - h_n

-návrhovou výšku vlny h_n stanovíme ze vztahu:

$$h_n = 0,0026 \times \frac{w_{10}^{1,06} \times L^{0,47}}{g^{0,53}}$$

w_{10} ...	návrhová rychlost větru (m/s)
L ...	skutečná délka rozběhu vlny (m)
g ...	tíhové zrychlení (m/s^2)

V případě údolní nádrže Brno se uvažuje návrhový vítr $w_{10}=15 \text{ m/s}$
efektivní délka rozběhu vlny pro jihovýchodní vítr je $L=846,99 \text{ m}$
tíhové zrychlení činí $g=9,81 \text{ m/s}^2$

po dosazení:

$$h_n = 0,0026 \times \frac{15^{1,06} \times 846,99^{0,47}}{9,81^{0,53}}$$

$$h_n = 0,33 \text{ m}$$

3.5. Určení hodnoty "nahnání" hladiny větrem - ΔH

Nahnání hladiny větrem ΔH uvažujeme jako nulové, protože pokud je délka rozběhu větru menší než 1000 m, je hodnota ΔH blízká nule, tedy zanedbatelná.

Z toho vyplývá $\Delta H=0$

3.6. Určení střednice vlny - h_0

Předpokládáme sinusový profil vlny a proto můžeme střednici vlny ztotožnit s hladinou v klidu.

Z tohoto důvodu a také dle ČSN 75 02 55 bod 18, strana 2 dále uvažujeme hodnotu h_0 jako nulovou,

tedy $h_0=0$

3.7. Stanovení výškové úrovně paty nejvýše položeného abrazního srubu - V_a

Jedná se o určení nadmořské výšky potenciální paty abrazního srubu.
Toto místo se určuje kvůli největšímu opevnění břehů.

Určení paty nejvýše položeného abrazního srubu ze vzorce:

$$V_a = Mn_{\max} + \frac{h_n}{2} + h_0 + \Delta H$$

vypočítané hodnoty:

V_a ...	nadmořská výška paty abrazního srubu (m n.m.)
Mn_{\max} ...	nejčtetnější hladina = 228.88 m n.m.
$h_n/2$...	poloviční výška návrhové vlny = 0.165 m
h_0 ...	střednice vlny = 0.0 m
ΔH ...	výška nahnání hladiny větrem = 0.0 m

po dosazení:

$$V_a = 228,88 + 0,165 + 0 + 0 = 229,045$$

Výšková úroveň paty nejvýše položeného abrazního srubu:

$$V_a = \quad \quad \quad \mathbf{229,045 \text{ m n.m.}}$$

3.8. Stanovení sklonu abrazní plošiny - α'

Existují dvě možné řešení:

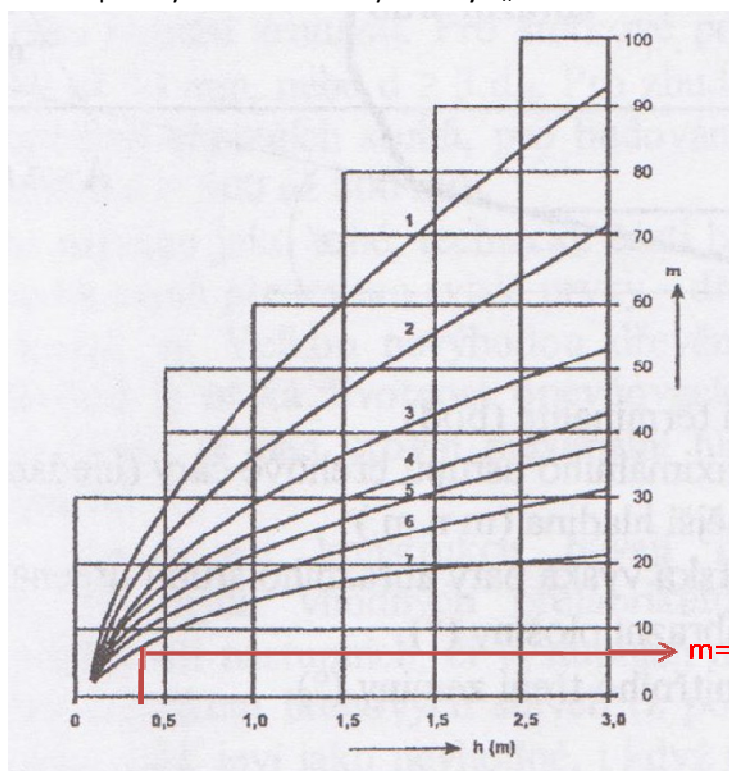
1. Podrobné geodetické zaměření příčných profilů:

Z geodetického zaměření příčných profilů vyčteme sklony abrazní plošiny.

Průměrem těchto hodnot získáme celkový sklon abrazní plošiny.

č. profilu	α (°)
PF 19	6,00
PF 20	6,00
PF 21	6,00
PF 22	7,00
PF 23	8,00
PF 24	8,00
PF 25	8,00
celková	7,00

2. Orientačně z grafu stanovení sklonu abrazní plošiny dle Pyškina který je možno použít pouze pro homogenní materiály. Graf udává sklon abrazní plošiny v závislosti na výšce vlny h_n a materiálu břehu:



Legenda:

křivka č.	materiál
1	hlína
2	spraš
3	spraš.hlíny
4	jemný písek
5	střednězrný písek
6	hrubý písek
7	šterk

$h=h_n$... výška návrhové vlny

(1:m)... sklon abrazní plošiny

Obr. 3 Pyškinův graf

V případě oblasti "Osada" je abrazní plošina tvořena hrubým štěrkem, tzn. že uvažujeme křivku č. 6. Po vynesení hodnoty návrhové výšky vlny h_n do grafu dostaneme sklon abrazní plošiny **1:7**, což je $\alpha' = 8,13^\circ$.

3.9. Stanovení abrazní terminanty a bodu maximálního ústupu břehové čáry

Bod A_T -abrazní terminanta je bod, kde se postup abraze zastaví samovolně. Určíme jej jako průsečík čáry vedené v úrovni paty nejvýše položeného abrazního srubu $V_a = 229,045$ m n.m. přímkou, která znázorňuje sklon abrazní plošiny.

Dále je třeba vynést přibližné hodnoty úhlu vnitřního tření φ zemin. Ve spodní části svahu je břeh tvořen hrubými nejstejnězrnnými středně ulehlými štěrky s příměsí písku, z toho vyplývá hodnota $\varphi_1 = 40^\circ$. Od úrovně terénu do hloubky asi 1 m se nachází sprašová hlína $\varphi_2 = 22^\circ$. Přibližný bod nejzažšího ústupu břehové čáry B_T je průsečík hodnoty úhlu vnitřního tření zeminy a terénu.

Zakreslením příčných řezů a spojením vynesených bodů BT vznikne předpokládaná linie zobrazující, kam až by mohla ustoupit břehová čára v oblasti Osada na údolní nádrži Brno-viz následující podrobná situace.

ZÁVĚR

V tomto projektu byl proveden návrh opatření proti abrazním jevům na břehu Brněnské přehrady v oblasti Osada. Návrhu předcházelo početní ověření, že je toto opatření potřebné. Hydrotechnickými výpočty jsme stanovili nejčtetnější hladinu za období let 1988-1997. Poté jsme pomocí návrhové výšky vlny, nahnání hladiny a nejčtetnější hladiny spočítali výšku nejvýše položeného abrazního srubu. Nakonec jsme stanovili abrazní terminantu, tedy bod, kdy se ústup hladiny samovolně zastaví. Tato linie přepokládaného ústupu břehu je zřetelně patrná v přehledné situaci, která je součástí této práce.

Jako opatření proti těmto abrazním jevům bylo navrženo 10 typů předsazených vlnolamů, podle výšky abrazního srubu. Jsou to: gabiony, kámen s betonem, pouze beton, pouze balvany, stabilizace plošiny pomocí vrb, zápleťový plůtek s kamenivem a oživením, kamenivo zapříčeno kůly s oživením, kulatina většího průměru zapříčena kůly, haťošťerkové válce, kůly umístěny šachovnicově (ve 2 až 5ti řadách).

Opatření proti abrazi jsou často opomíjena, protože jsou na první pohled „zbytečné“, ovšem časem mohou ochránit velké části přilehlých pozemků. Tzn. že i finančně se časem vyplatí, ovšem je to investice, která není okamžitě viditelná a proto bývá často opomíjena. Obzvláště největší význam má ji budovat ihned při spuštění provozu v nádrži, protože jak už bylo řečeno, k největším ztrátám zeminy vlivem abraze dochází v prvních letech, či měsících provozu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Šlezinger M.: Brněnská přehrada a lidé kolem ní, 1998
2. Šlezinger M.: Břehový abraze, 2004
3. Šlezinger M., Úřadníček L.: Stabilizace břehů, 2007
4. Šlezinger M., Úřadníček L.: Vegetační doprovod vodních toků, 2009
5. Broža V.: Přehrady Čech, Moravy a Slezska, 2005
6. Broža V., Satrapa L.: Hydrotechnické stavby 1, 2007
7. Martinát L.: Bakalářská práce - Návrh stabilizace v oblasti Rokle na ú.n. Brno
8. Směrný vodohospodářský plán (SVP), 1954
9. www.mapy.cz
10. www.cuzk.cz
11. www.pmo.cz
12. www.wikipedia.org

SEZNAM PŘÍLOH:

- Přehledná situace M 1:50 000
- Podrobná situace M 1:1 000
- Příčné řezy s návrhy jednotlivých typů vlnolamů M 1:100

V Brně dne 12.1.2012

Bc. Lukáš Martinát